DIE NATURWISSENSCHAFTEN

26. Jahrgang | 11. November 1938 | Heft 45

Vom Wesen und Werkzeug der chemischen Forschung[1].

Von Peter A. Thiessen, Berlin-Dahlem.

Von Wandlungen der Stoffe und Wegen der chemischen Erkenntnis.

Paracelsus verlieh einem uralten, nie vergessenen, bis heute gehegten Glauben der Menschheit Ausdruck mit seinem Worte, daß *„allen Metallen innerste Natur das Gold meine"*. Er gründete diese Überzeugung auf das Wissen von der Wandlungsfähigkeit der Materie, die seit dem Aufgehen des chemischen Zeitalters nahezu alle an den „Stein der Weisen" gerichteten Wünsche Schritt für Schritt erfüllt und sogar übertrifft.

Das Problem, Gold zu machen, ist in seinen Grundlagen durch die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität gelöst. Es interessiert indes bei dem dafür notwendigen Aufwand an Energie heute nur als *Sinnbild* für das Erreichbare. Denn zahlreiche Wandlungen der Stoffe, die uns in ihren Wirkungen überall und jederzeit umgeben, übertreffen in Wert und kultureller Bedeutung bei weitem die Wirkungen einer durch den Umbau der Atomkerne möglichen Goldsynthese. Wir brauchen uns dabei nur an einige allgemein bekannte Fälle zu erinnern, wie etwa die Schaffung von Leichtmetallen aus Tonerde, die Bindung des Luftstickstoffes und die Veredelung der Kohle zu Heilmitteln, die weite Teile unserer Erde erst einer Siedlung und Nutzung erschließen.

Solche Beispiele lassen bereits die weiten und verzweigten Wege erkennen, die von der chemischen Forschung beschritten werden. Diese ging aus von den Produkten der Natur, die sie aufschloß, trennte und in neuen Kombinationen verband. Sie lernte daraus, die Umsetzungen zu beherrschen, die es später ermöglichten, Aufbauvorgängen der Natur zu folgen und verwickelt gebaute Stoffe zu schaffen, die jene oft nur spärlich gewährte. Die dabei gewonnene Erkenntnis führte schließlich zu dem folgenschwersten Schritt: zur *Möglichkeit, Körper mit Eigenschaften zu schaffen, wie sie die Natur selbst nicht darstellt.*

Auf diesen Wegen hat die chemische Forschung und ihre Anwendung ein Zeitalter der Stoffbeherrschung herbeigeführt, das für die Kultur der Menschheit etwa den gleichen Schritt bedeutet, wie die Entwicklung vom Steinbeil zum hochentwickelten Werkzeug aus Eisen.

Wir erleben gegenwärtig, daß die Schaffung neuer Stoffe mit „außernatürlichen" Eigenschaften aus einfachsten Rohstoffen mit ständig zunehmender Geschwindigkeit fortschreitet, mächtig gefördert durch den Antrieb, den der Mangel an gewohnten Rohstoffen Ländern mit hochentwickeltem chemischem Denken und Gestalten erteilt. Das klassische Beispiel dafür ist Deutschland!

Die Möglichkeiten stofflicher Umsetzungen sind nahezu unendlich zahlreich; entsprechend groß ist auch die Menge und Art der darstellbaren Körper. Diese Vielfalt erlaubt grundsätzlich die Erfüllung sehr vieler — auch sehr kühner! — Wünsche. Sie setzt indes auch für die Wahl tauglicher Mittel die Auseinandersetzung mit sehr vielen Möglichkeiten voraus, unter denen stoffliche Umsetzungen verlaufen können.

Diese lassen sich durch keine vollständige und allgemeingültige Theorie überblicken. Die chemische Forschung und ihre Anwendung verfügt zwar über die Kenntnis leistungsfähiger Gesetze und Regeln. Diese umfassen aber stets nur Gruppen von Erscheinungen; sie kennzeichnen indes nicht annähernd das gesamte stoffliche Verhalten der Körper.

Jene gedanklichen Grundlagen der Chemie sind ausschließlich aus der Erfahrung gewonnen, die auch ihre Anwendbarkeit ständig kontrolliert. Sie — die Erfahrung — erweitert darüber hinaus den Bestand an Gesetzen und Regeln ständig.

Daher ist das Experiment die notwendige Grundlage und der nicht zu umgehende Weg jeder chemischen Arbeit. Diese setzt demgemäß vor allem die Vertrautheit im Umgange mit den Stoffen und ihrem Wesen voraus.

Die unendliche Vielfalt der stofflichen Umsetzungen hat zur Darstellung und Beschreibung einer überaus großen Zahl von Stoffen geführt, die noch ständig stark zunimmt. Zur Übersicht, Ordnung, Einteilung und Beurteilung dieser Körper hat sich die Chemie frühzeitig Vorstellungshilfen gebildet, die in den Formeln ihren Ausdruck finden. Diese geben in sehr knapper und klarer Form zuverlässige und erschöpfende Auskunft über Art und Mengenverhältnis der in einer chemischen Verbindung vereinigten Bausteine. Sie lassen auch eine qualitativ und quantitativ vollständige Beschreibung der Umsetzungen zu. Sie ermöglichen weiterhin unter gewissen Voraussetzungen und Vereinfachungen Angaben über die Anordnung der Bausteine in einem Molekül und gestatten demnach eine folgerichtige, leistungsfähige Systematik. Sie erlauben schließlich — ebenfalls unter Einschränkungen — Angaben über die Eigenschaften der Körper und über ihre vermutlichen Wirkungen.

Die Formeln gründen sich auf eine überaus große Fülle von Erfahrungen. Daher ist es auch zu verstehen, daß sie oft Zusammenhänge richtig darzustellen und anzuwenden gestatten, die sich als

[1] Vortrag bei der Hauptversammlung der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft in Berlin-Dahlem am 31. Mai 1938.

Folgerungen theoretischer Ableitungen oder neuer physikalischer Erkenntnisse erst Jahrzehnte nach ihrer ersten chemischen, formelmäßigen Darstellung ergaben. Erinnert sei in diesem Zusammenhange an die Bestätigung der Vorstellung von der doppelten Kohlenstoffbindung, vom Aufbau komplexer Verbindungen oder von stereochemischen Auffassungen durch physikalische Theorien oder Röntgenuntersuchungen.

Es darf jedoch wegen der erwähnten Grenzen der formelmäßigen Darstellbarkeit nicht übersehen werden, daß die chemischen Formeln Vorstellungs*hilfen* sind; d. h. daß sie Symbole darstellen, die nur in Verbindung und unter ständiger Prüfung durch die Erfahrung Leben gewinnen. Ihre Leistungsfähigkeit hängt demgemäß ab von dem experimentellen Bestande der Forschung, der sie stützt und kontrolliert. Dieser — nicht die Formel! — ist der wertbeständige Grund der Chemie. Je breiter und tiefer er ist, desto größer ist die Aussicht auf die erfolgreiche Lösung gestellter Fragen und auf die Beherrschung der Stoffe und ihrer Umsetzungen. Damit begründet sich immer von neuem die Notwendigkeit der Förderung einer freien Grundlagenforschung auf lange Sicht, als der bewährten, nicht zu entbehrenden oder zu umgehenden Basis jeder erfolgreichen Bearbeitung spezieller Fragen.

Vom Werkzeug der Chemie.

Gegründet auf das Experiment, ist die chemische Forschung auf das Laboratorium und dessen Werkzeug angewiesen. Der Gang des chemischen Arbeitens ist dabei in den Grundzügen einfach: Analyse und Synthese stehen am Anfang und Ende eines Weges, der von der Trennung der Bestandteile der Körper über ihre Erkundung zum Zusammenbau neuer Stoffe führt. Die klassischen Methoden der Chemie, wie z. B. das Wägen, Lösen, Erhitzen und Abkühlen, Filtrieren, Destillieren, Sublimieren sind ebenfalls einfach und durch vielfältige Kombination sehr leistungsfähig. Sie sind im modernen Laboratorium heute so unentbehrlich, wie sie es in der Küche des Alchimisten waren. Derartige Verfahren bilden bis zum heutigen Tage die Grundlagen der chemischen Laboratoriumsarbeit. Sie nehmen einen entscheidenden Anteil an unserer Erkenntnis vom Wesen und Wirken der Stoffe.

Es ist dabei begreiflich, daß auch die Entwicklungsstufen der Anwendungsformen jener klassischen Verfahren auf den Fortschritt der Erkenntnis tiefen Einfluß gewannen. Hingewiesen sei hier als Beispiel auf die Einführung und den Ausbau der elektrischen Öfen, welche die Chemie der hohen Temperaturen erschloß. Ferner sei erinnert an den Einfluß der Vakuumdestillation auf die Entwicklung der organischen Chemie; diese kam dadurch in die Lage, höchst empfindliche, vor allem hochmolekulare Körper abzutrennen und zu untersuchen; eine Untersuchung der Naturstoffe wäre ohne Destillation im höchsten Vakuum nicht mehr denkbar. Schließlich sei an die Ultrafiltration gedacht, welche die Trennung und Kennzeichnung kolloider Systeme außerordentlich förderte.

Die klassischen Verfahren in ihren verschiedensten — zum Teil sehr hochgezüchteten — Ausführungsformen und Kombinationen sind außerordentlich leistungsfähig. Sie ermöglichen auch in der modernen Chemie die Beantwortung sehr verwickelter Fragen.

Es darf dabei aber nicht übersehen werden, daß sie öfter weite Umwege und lange Zeiten benötigen. Ebenso bleiben ihnen einzelne Gebiete prinzipiell verschlossen. Es lag daher nahe, die Erkenntnisse der Physik über Zusammenhänge von Stoff und Kraft zur Lösung chemischer Fragestellungen heranzuziehen. Die Anwendung physikalischer Methoden auf stoffliche Fragestellungen erwies sich dabei als unerhört — und für Manche wohl auch unerwartet! — fruchtbar für alle Bereiche der Chemie.

Erinnert sei hier an die *Spektralanalyse* und ihren Einfluß auf die Entdeckung neuer Elemente, auf die Feststellung spurenweiser Vorkommen von Stoffen und auf Fragen des Molekülbaues. Für die Erforschung der Konstitution und die Unterscheidung ähnlicher Körper gewinnt ferner die *Absorption und Streuung von Licht* steigende Bedeutung. Weiterhin ist die Anwendung *polarisierten Lichtes* ohne Schaden weder in der anorganischen Analyse noch in der Stereochemie organischer Substanzen zu entbehren. *Der thermischen Analyse*, welche der Erforschung der Legierungen den entscheidenden Antrieb gab, folgten Anwendungen der Lehre vom *Schall und Ultraschall*. Die Erkenntnis vom Wesen der Lösungen ist untrennbar verbunden mit der Messung des *elektrischen Leitvermögens* und des *Dampfdruckes*. Schließlich sei des gewaltigen Fortschrittes gedacht, den die Anwendung der Erkenntnis von der *Wellennatur der Röntgenstrahlen* in der Erforschung des festen Zustandes, des molekularen Gefüges von Kristallen und der Systematik der Elemente brachte. Als jüngstes Verfahren schließt sich daran die *Beugung der Elektronen*, die über das Wesen der überaus wichtigen Grenzschichten der Körper tiefe Aufschlüsse gewährt.

Vom Einsatz des Werkzeuges.

Die unbestreitbaren Erfolge der physikalischen Methodik bei chemischen Fragestellungen haben in Wissenschaft und Praxis öfter die Frage entstehen lassen, ob diese Verfahren nicht die klassischen Methoden gänzlich ablösen sollten. Diese Frage läßt sich vom Standpunkte des Chemikers leicht beantworten: Auch die Anwendung höchstentwickelter physikalischer Verfahren entheben ihn nicht der Verpflichtung, allenthalben sauber zu präparieren, zu trennen und aufzubauen. *Damit unterliegen alle Folgerungen und Anwendungen physikalischer Methoden in der Chemie zwangsläufig und letzten Endes der Prüfung und Bewährung an den klassischen Methoden.*

Diese können jedoch ohne Schaden auf die physikalischen Methoden nicht verzichten. Denn die Umwege, die sonst oft in Kauf genommen werden müßten, kosten Zeit, Energie und Material. Dazu kommt, daß manche Frage nach dem „Wie?" eines stofflichen Ablaufes, vor allem aber die Frage nach dem „Warum?", ohne Hilfe der physikalischen Methodik unlösbar ist.

Der Antrieb, den die Erkenntnis chemischer Vorgänge und vor allem auch ihre Anwendung der Ausnutzung methodischer Fortschritte verdankt, hätte deren entschlossene und weitgehende Verwendung sichern sollen. Die Erfahrung zeigte indes, daß die gegebenen Möglichkeiten neuer Methoden und leistungsfähiger Werkzeuge oft nicht annähernd oder nur sehr zögernd ausgenutzt wurden. Die Gründe dafür liegen in gedanklichen und wirtschaftlichen Hindernissen.

Die gedanklichen Einwände gegen die Einführung neuartigen Werkzeuges ordnen sich im wesentlichen um die folgenden Argumente:

1. die klassischen Methoden seien durch geeignete Kombinationen und bei genügender Ausdauer der Bearbeitung jeder Frage gewachsen und in ihrem Ergebnis ohne weiteres zuverlässig.

2. Viel und verwickeltes Werkzeug stelle bereits bei der Handhabung so hohe Ansprüche an Konzentration, Überlegung und Geisteskräfte, daß die notwendige „weite Sicht" des Forschers beeinträchtigt werde.

3. Eine reiche Ausstattung des Laboratoriums verleite den Forscher zur Bequemlichkeit, denn „im goldenen Käfig singt kein Vogel".

4. Große Entdeckungen seien oft mit den allereinfachsten Mitteln und unter besonders beengten Laboratoriumsverhältnissen hervorgebracht worden. Man beruft sich dabei gerne auf die Erfahrungen großer Forscher, wie z. B. des Ehepaares CURIE.

Diese Einwände sind ihrem Wesen nach sämtlich nicht stichhaltig:

1. Die Chemiker sind zwar mit Recht stolz auf die bewiesenen Leistungen und die Brauchbarkeit ihrer klassischen Verfahren. Jedoch der bereits innerhalb dieser Methoden immer wieder beobachtete Einfluß von Verbesserungen auf den Fortschritt der Forschung zwingt dazu, den Nutzen jeder zusätzlichen Ergänzung und Erweiterung des gewohnten Verfahrens anzuerkennen. Auf die zeitlichen und materiellen Umwege beim starren Festhalten an den jeweils geübten Methoden und auf deren Lücken wurde bereits hingewiesen.

2. Beeinträchtigungen der „weiten Sicht" des Forschers durch Ansprüche an seine Arbeitskraft beim Einsatz verwickelter Werkzeuge ergeben sich nur aus mangelnder Übung oder experimenteller Unzulänglichkeit; jeder zur experimentellen Arbeit wirklich berufene Chemiker vermag deshalb die Beherrschung neuer Werkzeuge zu erlernen, ohne befürchten zu müssen, daß er etwa „den Wald vor Bäumen nicht mehr sieht".

3. Der viel mißbrauchte Satz, daß die Leistungen von Forschungsstätten oft umgekehrt proportional ihrer Ausrüstung seien, stützt sich auf oberflächliche Argumente. Es sind in der Tat Fälle bekannt, in denen die Verpflanzung eines erfolgreichen und fruchtbaren Forschers von einer kleinen Arbeitsstätte an ein großes Laboratorium seine Tätigkeit beeinträchtigte. Man übersieht dabei jedoch, daß die Ursache dafür oft im Lebensalter zur Zeit der neuen Berufung, noch öfter aber in der Belastung durch Fakultätsbetrieb, Prüfungen und dergl. lag. Einen Beweis für den Satz vom „Vogel im goldenen Käfig" würde man erst dann als erbracht ansehen dürfen, wenn ein Forscher, der an einer bestversehenen Arbeitsstätte Mäßiges leistet, nach Versetzung in eine Alchimistenküche zu ungeahnter Form aufliefe!

4. Erfolgreiche Forscher haben sich keineswegs immer zu dem fördernden Einfluß primitiver Arbeitsbedingungen bekannt. Herr CURIE z. B. schreibt an seine Gattin: „Es ist richtig, daß die Entdeckung des Radiums unter den primitivsten Bedingungen erfolgte: . . . Doch war dieses romantische Element kein Vorteil, es hat unsere Kräfte verbraucht und das Resultat verzögert. Unter günstigeren Umständen hätte man die 5 ersten Arbeitsjahre auf 2 herabsetzen und die Anstrengungen wesentlich vermindern können."

Nach allem sind die gedanklichen Einwände gegen Einsatz neuen und auch reichlichen Werkzeuges nicht stichhaltig. Sie werden zum Glück auch nur von einer nicht mehr allzu großen Gruppe von Forschern vertreten. Immerhin haben sie es vermocht, die wirtschaftlichen Hindernisse für die Einführung neuer Methoden, leistungsfähiger Werkzeuge und Einrichtungen zu verstärken. Denn diese sind ihrer Natur nach kostspielig. Die Aufwendungen dafür müssen im Staat und in der Wirtschaft in der Regel von Stellen bewilligt werden, die der Verwendung der Mittel fachlich fernstehen. Daher sind jene Stellen auf das Urteil der im Laboratorium arbeitenden Forscher angewiesen. Ist deren Stellungnahme zu einer so wesentlichen Frage nicht einheitlich, so wird man es den Verwaltern der zentralen Mittel des Staates oder einer Stelle der Wirtschaft kaum verargen können, wenn sie ihre Hand nicht sofort leicht und weit öffnen.

Aber gerade die notwendig wirtschaftliche und zweckgerechte Verwendung der Forschungsmittel zwingt sinngemäß zur bestmöglichen Ausstattung von Forschungsstätten. Denn die Ansprüche an die Laboratorien, die der chemischen Forschung, ihrer Entwicklung und der Vorbereitung ihrer Anwendung dienen, nehmen ständig zu, ebenso wie sich der Umfang der Erkenntnis ständig steigert.

Dieser Entwicklung ließe sich grundsätzlich entsprechen durch Erhöhung der Zahl der Menschen, die in den Laboratorien arbeiten. Dieser Weg ist jedoch nur beschränkt gangbar; für Deutschland ist er praktisch verschlossen! Denn eine erfolgreiche Werbung für eine verstärkte Zuwanderung zu irgendeinem Beruf, also auch zu dem eines

Chemikers, müßte an anderer Stelle eine empfindliche Lücke reißen. *Ein wirklicher Ausweg, mit einer gegebenen Zahl von Menschen einem erhöhten Arbeitsvolumen gerecht zu werden, liegt demnach lediglich in der Steigerung des Nutzeffektes der Arbeit.* Diese ist vor allem möglich durch Verbesserung, Vermehrung und Vervollkommnung des Werkzeuges und der Ausrüstung unserer Laboratorien und im Lehren des zweckmäßigen Einsatzes und der vernünftigen Verwendung des Werkzeuges. Viele Reibungen, weite Umwege lassen sich dann vermeiden, und die dadurch gewonnene Kraft und Zeit können fruchtbarer, hochwertiger Arbeit nutzbar gemacht werden.

Vom Menschen und Werkzeug.

Das Werkzeug, auch das vollkommenste, wird erst in der Hand des Menschen fruchtbar. Auch das Gerät des Forschers gewinnt um so mehr Leben, je mehr es ihm vertraut wird! Die Arbeit im Laboratorium bringt es mit sich, daß die Werkzeuge oft vom Forscher selbst geschaffen werden. Dabei entsteht zuweilen die Gefahr, daß ein Gerät, auf das viele Mühe verwandt wurde, eine Art Eigenleben gewinnt und zum Selbstzweck zu werden droht. Jeder kennt die teils rührende, teils tragische Gestalt von Forschern, die einmal für eine bestimmte Fragestellung ein Gerät schufen, dabei einiges Herzblut ließen und nun an dem Werkzeug so hängen, daß sie ihre künftige Tätigkeit darin sehen, für die Apparatur Arbeit zu suchen.

Es genügt indes, diese Gefahr zu kennen, um sie zu beherrschen. Dies gelingt durch Erziehung zu dem Grundsatz, daß jedes Werkzeug nur Mittel zum Zweck, niemals jedoch Selbstzweck sein kann. Ein solches Ziel ist erreichbar, wenn dem jungen Forscher von vornherein Gelegenheit gegeben wird, in der „baufreudigen" Epoche seines Lebens ausgiebig Geräte zu bauen. Er wird dann in der überwiegenden Zahl der Fälle vor einer Überschätzung des Werkzeuges gesichert sein. Darüber hinaus wird er aber die Fähigkeit gewinnen, das Werkzeug der Fragestellung und dem Gegenstand der Forschung jederzeit so weit wie möglich anzupassen. Diese Anpassung ist unumgänglich notwendig. Denn die Natur gibt nur klare Antworten, wenn sie vernünftig befragt wird. Je mehr das experimentelle Verfahren daher dem Wesen der Fragestellung entspricht, desto zuverlässiger, klarer und folgenreicher werden die Aufschlüsse sein.

Die wesentliche Voraussetzung dafür ist die Fähigkeit des Forschers, sich in seine Fragestellung und deren Gegenstand seelisch einzufühlen. Der Chemiker ist — entgegen einer verbreiteten Meinung — nicht ein Mensch, der durch Zusammenpassen von Formelbildern in kühler Rechnung zusammenbaut, was er nachher im Laboratorium durch einiges Kochen verwirklicht. *Er bedarf vielmehr der Intuition genau so wie der Künstler.* Der Möglichkeiten, denen sich die Stoffe fügen, sind unendlich viele; die Regeln und Gesetze sind Behelfe, aber keine „Zwangswechsel". Den erfolgreichen Forscher trägt daher die seelische Konzeption, deren Voraussetzung Aufgeschlossenheit und Vertiefung sind. Sein Werk beginnt und endet nicht im Laboratorium, sondern in seinem Kopf und Herzen; es ist daher ein Stück seiner Persönlichkeit. Was ihn selbst erhebt, stützt auch seine seelischen Kräfte zur Forschung. Der große Auftrieb, den ihm die Gegenwart gibt, wirkt sich daher in seiner Arbeitsfreude und in dem Glauben aus, daß im stofflichen Neulande nicht leicht ein Berg zu hoch und ein Weg zu schmal und steinig ist. Der Chemiker kennt, wie jeder Naturforscher, das Memento des „Ignorabimus" wohl; er weiß aber, daß es bis dahin noch viele Dinge gibt, die sich ihm kundtun, wenn er um ihr Wesen ringt und das Werkzeug seiner Forschung in den Händen hält und es beherrscht.

Chemisch-biologische Grundlagen der Unterdruck-Schädlingsbekämpfung („Vakuumbegasung")[1].

Von GERHARD PETERS, Frankfurt a. M.

Chemie und Technik der Schädlingsbekämpfung sind in ein Stadium gerückt, wo jeder kleine Fortschritt — sofern er wirklich der Weiterentwicklung dient — durch hartnäckige Forschungs- und Versuchstätigkeit errungen werden will. Wir haben uns, so könnte man sagen, in einen Stellungskrieg gegen die Schadinsekten festgefahren; die Fronten sind erstarrt und die Kampfmittel im wesentlichen festgelegt. Mit Spannung wartet man auf Neuerungen grundsätzlicher Art, die diesem Kampf ein neues Gesicht geben könnten.

Eine derartige Neuerung *war* einmal die Begasung bei Unterdruck, die sog. *Vakuumbegasung*, mit der es gelang, hundertprozentige Abtötung von Schadinsekten in dichtgepacktem Gut in kürzesten Zeiten zu erreichen und damit ein wichtiges Transport- und Zeitproblem zu meistern. Der gegenüber der atmosphärischen Begasung hiermit erzielte Fortschritt ist zweifellos außerordentlich. Den Beweis dafür sehen wir in den zahlreichen Vakuum-Begasungsanlagen, die heute in nahezu allen Ländern der Welt zu finden sind.

Bedeutung und Umfang der Schädlingsbekämpfung mit *Giftgasen* darf als bekannt vorausgesetzt werden. Jährlich werden allein in Deutschland viele Millionen Kubikmeter Raum in Schiffen, Mühlen, Betrieben und Wohnhäusern mit Blausäure oder Äthylenoxyd durchgast oder in primitiver Weise „geschwefelt". In besonderen Fällen bedient man sich sog. *Begasungskammern*, die eine Zusammenfassung größerer Mengen befallenen Gutes auf engem Raum ermöglichen und

[1] Vortrag, gehalten auf dem VII. Internationalen Kongreß für Entomologie in Berlin, August 1938.

dank ihrer technischen Einrichtung (Gasumwälzung durch Kreislauf usw.) eine rasche und wirtschaftliche Behandlung großer Materialmengen gestatten.

In vielen Fällen genügt aber auch die Leistung solcher Kammern nicht, wenn infolge Häufung von Transporten und Zwanges zu kurzfristiger Behandlung der Begasungserfolg nicht rasch genug erreicht werden kann. Dem steht allein schon das *langsame Eindringen* der Gase in die dichtgepackten Waren entgegen.

Eine *Steigerung* der Durchdringungsfähigkeit ist nun unschwer zu erzielen, wenn man die zu durchgasenden Waren zuvor *luftleer* macht. In die ausgepumpten Poren und Zwischenräume kann das Gasluftgemisch dann wesentlich leichter eindringen. Technisch bringt dies zwar eine scheinbare Komplikation und Verteuerung; wirtschaftlich wird das aber durch die raschere und zuverlässigere Arbeitsweise wieder aufgehoben. Die Entwicklung und Verbreitung der „*Vakuumbegasung*" beweist die Zweckmäßigkeit dieses Vorgehens.

verluste ins Innere von Ballen, Säcken oder Kisten eindringen. Die Auswahl solcher Gase ist leider recht beschränkt, wenn man gleichzeitig eine ausreichende Giftwirkung auf Insekten im Auge behält. Die Verwendung von Schwefelkohlenstoff ist ein bezeichnendes Beispiel für den Mangel an wirklich allseitig geeigneten Mitteln.

Recht erheblich hängt auch die *biologische Wirkung* der Gase bei Unterdruck von der Eigenart der angewandten *Chemikalien* ab. Wohl als erster wies bekanntlich COTTON auf den sehr beachtlichen Umstand hin, daß die Empfindlichkeit der Insekten gegenüber giftigen Gasen sehr vom Druck bzw. Unterdruck abhängt und durch hohes „Vakuum" so gesteigert werden kann, daß dort hundertprozentige Abtötung schon mit Konzentrationen und Einwirkungszeiten erreicht wird,

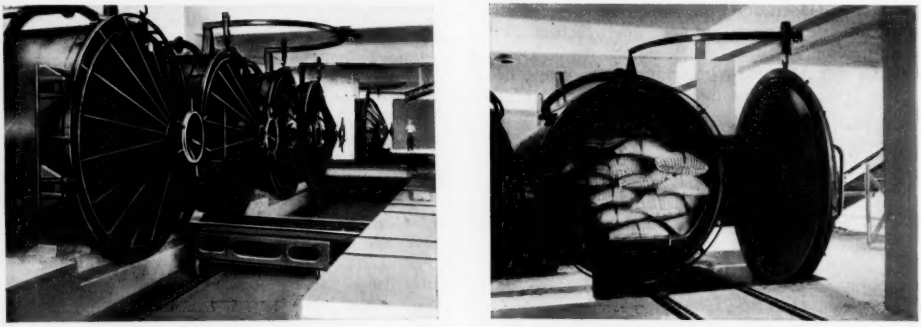

Fig. 1. Vakuumentwesungsanlage, mit Transportwagen zum Einfahren von Säcken usw. (System „Degesch").

Auf apparative Einzelheiten sei hier nicht eingegangen. Es muß der Hinweis genügen, daß die in Frage kommenden Anlagen aus mehr oder weniger großen Stahlzylindern — der Fassungsraum schwankt zwischen 20 und 100 cbm — bestehen, die mit starken Vakuumpumpen schnell luftleer gesaugt werden können, nachdem die zu entwesende Ware (Kakaosäcke, Tabakballen, Baumwollsamen, Getreide, Mais) etwa auf Plattformwagen hineingebracht worden ist. Als Begasungsmittel dienen meist Blausäure, Äthylenoxyd und, in gewissen Ländern, auch Schwefelkohlenstoff. Fig. 1 vermittelt einen Eindruck von derartigen Anlagen.

Seit Jahren bemüht man sich nun, die *Wirksamkeit* der Unterdruckbegasung noch zu steigern. Dem stehen zwei Wege offen: die Einführung geeigneterer *chemischer* Mittel und die Verbesserung der *technischen* Konstruktionen. In beiden Fällen sind eigentlich dieselben Grundforderungen richtunggebend: der *technische* Effekt der Vakuumbegasung, d. h. die Tiefenwirkung, ist zu steigern und zu beschleunigen, und die *biologische Wirkung* des Unterdrucks soll voll ausgenutzt werden.

Chemisch kann die *Tiefenwirkung* nur begünstigt werden, wenn man Gase von nur geringer Adsorptionsneigung findet, die somit ohne allzu starke Konzentrationseinbußen durch Adsorptionsdie bei Atmosphärendruck noch überhaupt keine Schädigung herbeiführen (vgl. Fig. 2). Dieser Effekt ist nun aber durchaus nicht gleichmäßig für alle Giftgase anzunehmen. Es liegt in seiner Natur begründet, daß solche Gase, die die Respira-

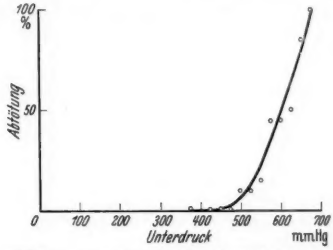

Fig. 2. Wirkungssteigerung durch Unterdruck (Sauerstoffentzug). Jeweils 75 g/cbm Äthylendichlorid bei halbstündiger Einwirkung auf Reismehlkäfer. Temperatur 30° C.

tion der Insekten nicht oder nur wenig beeinflussen, z. B. Äthylenoxyd oder Äthylenchlorid, bei Unterdruck eine außerordentliche Wirkungssteigerung erfahren, da sowohl der Sauerstoffmangel als auch der verminderte Druck an sich die Respiration

und damit die Giftaufnahme anregen. Umgekehrt werden Gase, die als respirationshemmend bekannt sind, etwa Blausäure oder Methylformiat, keinen oder nur einen geringen biologischen Effekt zeigen. Zur Vakuumbegasung sollten also vorwiegend Gase der ersteren Art Anwendung finden.

Dabei ergibt sich jedoch noch eine weitere wichtige Einschränkung: die *Eier* der Insekten sind in ihrer Giftempfindlichkeit von Druck und Unterdruck in hohem Maße unabhängig. Die Begasung der Eier im Vakuum kann also gegenüber der bei Atmosphärendruck, gleiche Tiefenwirkung der Gase vorausgesetzt, keine Wirkungssteigerung bringen. Damit ist aber scheinbar der ganze Vorzug der Vakuumbegasung, was den biologischen Effekt anbelangt, hinfällig; denn auf die Abtötung der Eier kommt es selbstverständlich ebensosehr wie auf die der Imagines an. Tatsächlich ist dies bei zahlreichen Gasen der Fall, und man begnügt sich dann mit dem noch immer wesentlichen Zeitgewinn, den die rein technisch erzielte große Tiefenwirkung der Unterdruckbegasung zur Folge hat. Es gibt jedoch eine Reihe von Gasen, die in dieser Hinsicht günstiger zu beurteilen sind; es verlohnt sich, hierauf etwas näher einzugehen.

Die Wirkung der Giftgase auf die Insekten ist häufig von deren *Entwicklungsgrad* abhängig: es gibt Gase, die auf die erwachsenen Stadien in sehr viel geringeren Konzentrationen bereits tödlich wirken als auf die Eier derselben Schädlingsart, so z. B. Chlorpikrin, Schwefelkohlenstoff und Schwefeldioxyd, während wiederum andere Gase umgekehrt gerade die Eier schon mit Konzentrationen vernichten, die auf die Imagines unter gleichen Bedingungen noch kaum wirken. Typischer Vertreter dieser Gruppe ist das Äthylenoxyd. Werden nun solche Gase zur Vakuumbegasung verwendet, so wird der biologische Effekt der Wirkungssteigerung durch Unterdruck dadurch nicht nutzlos, daß er sich nicht auch auf die Insekteneier erstreckt. Es geht ja jetzt nur darum, daß die Imagines den Vorsprung, den die Eier bezüglich ihrer Empfindlichkeit normalerweise schon haben, einholen. Imagines, Larven und Eier werden in diesem Falle in die gleiche Empfindlichkeitsstufe gebracht: der biologische Vakuumeffekt wird also uneingeschränkt ausgenutzt.

Die *Chemie* hat sich somit in erster Linie darum zu sorgen, daß Stoffe von hoher insektentötender Wirkung mit möglichst geringer Adsorptionsneigung und der Eigenschaft, die Eier der Insekten leichter als Imagines und Larven abzutöten, ermittelt werden.

Die *Technik* der Vakuumbegasung steht, wie schon erwähnt, vor dem gleichen Problem: die Tiefenwirkung zu steigern und den biologischen Effekt voll zu erhalten. Die *biologische* Wirkungssteigerung durch Unterdruck kann nur in vollem Ausmaße erhalten werden, wenn auch der Unterdruck in voller Höhe und für die Dauer der Begasungszeit erhalten bleibt. Wie geht man aber in der Vakuum-Durchgasungspraxis allgemein vor? Im Interesse einer genügenden Tiefenwirkung, also des ausreichenden Eindringens der Gase in die befallenen Güter, wird der Unterdruck bald nach Eingeben des Gases wieder zerstört: es werden große Mengen Luft eingelassen, die das Giftgas leicht ins Innere der vorher evakuierten Poren, Zwischenräume usw. hineindrücken (vgl. Fig. 3).

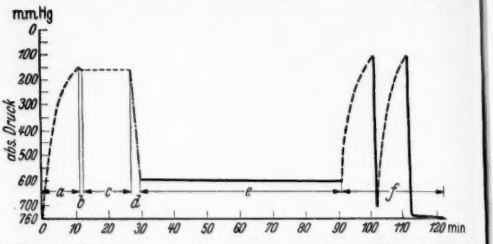

Fig. 3. Vakuumentwesung mit vorzeitiger Verminderung des Unterdruckes zwecks Beschleunigung der Gasverteilung. *a* Evakuierung der Kammer, *b* Einblasen des Giftgases, *c* Ausgleichszeit, *d* Einströmen von Luft, *e* Einwirkungszeit, *f* Lüftung mit zweimaligem Evakuieren.

Da man die erforderliche Tiefenwirkung nur so erreichen zu können glaubt, verzichtet man notgedrungen auf den biologischen Effekt. Einen Ausweg aus dem Dilemma könnnte man nur finden, wenn man das Eindringen der Gase auch ohne den Träger Luft, also bei voller Aufrechterhaltung des Unterdrucks, zu erreichen verstünde (vgl. Fig. 4).

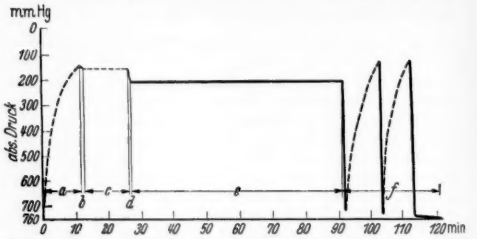

Fig. 4. Vakuumentwesung *ohne* Verminderung des Unterdruckes, Gasverteilung durch Kreislauf. *a* Evakuierung der Kammer, *b* Einströmen des Giftgases, *c* Beginn der Einwirkung, *d* Einströmen geringer Luftmengen zur Unterstützung des Gasausgleichs (jedoch nicht unbedingt erforderlich), *e* Haupteinwirkungszeit, *f* Lüftung mit zweimaligem Evakuieren.

Unsere eigenen Versuche, diese Schwierigkeit zu überbrücken, haben sich in zwei Richtungen bewegt. Einmal galt es, jeden unnötigen Adsorptionsverlust, etwa durch lokale Überdosierung, zu vermeiden und die ganze Füllung der jeweils zu behandelnden Vakuumkammer in eine von vornherein gleichmäßige und ausgeglichene Gaskonzentration einzuhüllen: jeder einzelne Ballen, jeder Sack und jede Kiste müssen von der gleichen Konzentration umgeben werden. Die Konzentrationsentwicklung selbst muß möglichst rasch erfolgen.

Damit wäre schon in vielen Fällen auch eine ausreichende Verbesserung der Tiefenwirkung gegeben, die nun durch die Kräfte der normalen Gasdiffusion leichter als zuvor bewirkt werden würde. Dies wurde vollkommen erreicht durch Einführung eines regulären *Kreislaufes* des Gasluftgemisches (Fig. 5). Während bei der alten Methode Konzentrationsunterschiede von 1 : 5 und mehr an

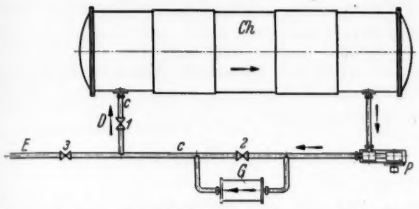

Fig. 5. Schema der Kreislaufanordnung. *Ch* Vakuumkammer, *P* Pumpe, *G* Giftgasvergaser, *c—c* Kreislaufleitung, *E* Lüftung, *D* Drosselvorrichtung, *1, 2, 3* Ventile.

den verschiedenen Stellen einer Kammer gefunden wurden, konnte mit Einführung des Kreislaufes, der technisch keine besonderen Schwierigkeiten mit sich bringt, eine völlige Ausgeglichenheit der Gaskonzentration gesichert werden; allerdings unter Zuhilfenahme besonderer Gasentwicklungsgeräte.

Um nun eine ausgesprochene *Tiefenwirkung* auch bei hohem Unterdruck, also ohne Zuhilfe-

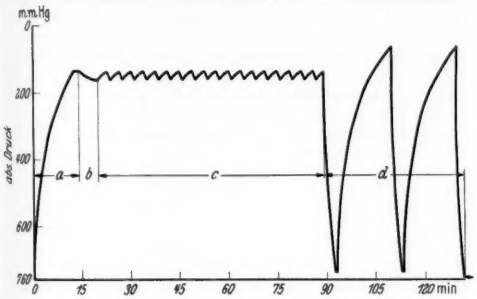

Fig. 6. Druckdiagramm des „Pulsations"-Verfahrens. *a* Evakuierung, *b* Giftgaseingabe, *c* Einwirkungszeit, *d* Lüftung.

nahme von Außenluft, zu sichern, wurde ein gänzlich anderer Weg beschritten. Die Kreislaufanordnung an sich gestattet es, mit einfachen technischen Mitteln den Unterdruck in der Vakuumkammer kleineren oder größeren Druckschwankungen zu unterwerfen, ohne daß dadurch die Gaskonzentrationen verändert oder die noch vorhandenen Luftreste unnötig erhöht zu werden brauchen. Man kann eine Art *Pulsation* erfolgen lassen, d. h. rasch aufeinanderfolgende Druckschwankungen erzeugen, die das Eindringen der Gase auch in die versteckttesten Leerräume und Poren des verpackten Materials beschleunigen. Der Begasungsvorgang geht in diesem Falle gemäß Diagramm in Fig. 6 vonstatten. Technisch wird dabei lediglich ein kleines Druckgefäß außerhalb der Kammer benötigt, das die für die Pulsation aus der Kammer jeweils herauszuziehenden Gasmengen für kurze Zeit sammelt, um sie dann sofort wieder abzugeben. Die schon für den Kreislauf benötigte Vakuumpumpe muß entsprechend auf der Druckseite Kompressionsarbeit leisten können; die periodischen Druckänderungen können automatisch mittels eines elektrisch gesteuerten Ventils, das in der Druckleitung zwischen Pumpe und Gaskammer eingebaut ist, erzeugt werden (Fig. 5). Dabei ist, in gewissen Druckgebieten außer der reinen Tiefenwirkung noch eine Wirkungssteigerung bei den Insekten zu erwarten, deren Trachealsystem die Giftgase rascher aufnimmt.

In Abänderung dieses Pulsationsverfahrens ist es ferner nach einem Vorschlage von THILENIUS möglich, die gewünschten Luftbewegungen durch *Vibration* zu erzielen. Es ist bekannt, daß man durch Erzeugung geringer, rasch aufeinanderfolgender Druckschwankungen gute Ergebnisse bei der Durchlüftung dichtlagernden Materials erhalten hat. Es handelt sich dabei um 10—1000 Druckstöße in der Sekunde, die Druckschwankungen von nur etwa 10 mm Wassersäule zu bewirken brauchen. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß in ähnlicher Weise auch die für die Unterdruckbegasung geforderte Tiefenwirkung erreicht werden kann, doch läßt sich hierüber bei dem jetzigen Stand der Versuche noch keine zuverlässige Mitteilung machen. Dagegen hat das oben beschriebene Pulsationsverfahren sich auch in größeren Versuchsanlagen bereits bewährt, während die Kreislaufführung an sich schon bei einer ganzen Anzahl kleinerer und größerer Vakuumbegasungsanlagen praktisch in Betrieb genommen worden ist.

Es sei zum Schluß nun noch auf eine häufig umstrittene Frage eingegangen, die in diesem Zusammenhang besonderes Interesse verdient. Es ist oft gefragt worden, ob die jetzt mehrfach erwähnte biologische Wirkung des Unterdruckes lediglich als Ergebnis des *Sauerstoffentzuges* oder rein *mechanisch* zu deuten ist. Letzteres könnte auf zweierlei Art verstanden werden: indem man einmal an das bei Unterdruck vielleicht erleichterte Eindringen der Gase in das Tracheensystem der Insekten denkt und zweitens an die bei Unterdruck beschleunigte Respirationstätigkeit überhaupt. Versuche haben jedoch erwiesen, daß bei dem mikroskopisch engen Durchmesser der Tracheenverästelungen eine Beschleunigung der Gasdiffusion durch verminderten Druck oder durch Druckschwankungen überhaupt nicht erreicht wird. Unsere eigenen Versuche haben sich darauf beschränkt, den Einfluß des Sauerstoffentzuges von dem des Unterdruckes an sich zu *trennen*. Wir sind dabei so vorgegangen, daß wir einerseits bei normalem Atmosphärendruck einen Sauerstoffentzug mit entsprechender Auffüllung durch Stickstoff vornahmen, der der Sauerstoffverminderung bei Unterdruck genau entsprach. Die dabei erzielte Wirkungssteigerung war kaum halb so groß wie die bei Druckverminderung festgestellte. Da-

mit scheint erwiesen zu sein, daß der Sauerstoffentzug allein für den Effekt *nicht* verantwortlich gemacht werden kann. Andererseits haben Versuche von COTTON gezeigt, daß Giftgase in einer besonders sauerstoffreichen Atmosphäre bei Unterdruck nicht die gesteigerte Wirkung haben wie in normal verdünnten Luftgemischen. Demnach ist zweifellos der Sauerstoffentzug als Teilursache für die biologische Wirkung zu betrachten. Wir haben es offenbar mit einer *kombinierten Wirkung* der beiden Faktoren, *Druck- und Sauerstoffverminderung*, zu tun, zu denen zweifellos noch eine Reihe anderer Einflüsse hinzukommen, die die Verhältnisse komplizieren.

Zusammenfassung.

Mit vorstehendem ist ein Weg gezeigt worden, wie unter Vermeidung der bisher beobachteten Mängel die biologische Unterdruckwirkung und die technisch erzielbare Tiefenwirkung der Begasung in sog. Vakuumkammern ohne unnötige Einschränkungen nutzbar gemacht werden können: durch Kreislaufführung bzw. Umwälzung des Gasluftgemisches, verbunden mit Pulsation oder Vibration.

Außerdem wurde nachgewiesen, daß der besondere Erfolg der Unterdruckbegasung auf einer kombinierten Wirkung von Druck- und Sauerstoffverminderung beruht.

Versuch einer Modelldarstellung der Elementarteilchen[1].

Von F. RENNER, Frankfurt a. M.[2]

Wenn man auch nicht hoffen darf, auf dem Wege einer Modelldarstellung die volle Wahrheit über die Eigenschaften der Elementarteilchen ableiten zu können, so scheint es im Sinne des Korrespondenzprinzips doch nicht aussichtslos, auf diesem Wege ein Körnchen Wahrheit zu finden. Aus diesem Grunde habe ich mich, trotz aller Bedenken, die gegen ein derartiges Beginnen grundsätzlich bestehen, entschlossen die nachstehende Betrachtung zu veröffentlichen.

1. *Das Elektron.*

DE BROGLIE ordnet jedem System von der Energie E bzw. der Masse m eine Schwingungszahl zu durch die EINSTEINsche Doppelgleichung

$$E = m c^2 = h \nu. \qquad (1)$$

Es soll nun der Versuch gemacht werden, diese formale Zuordnung für ein Elektron in der folgenden Weise zu deuten: Das Elektron ist ein ebener Rotator, dessen Energie $E = m c^2$ ist (m Ruhemasse des Elektrons, wenn man ein Elektron ohne Translationsbewegung betrachtet) und dessen Umdrehungszahl gerade das ν aus Gleichung (1) ist. (Man denke sich etwa ein Elektron in einem schwachen Magnetfeld, denn für ein völlig ungestörtes Elektron wäre es vielleicht naheliegender, einen räumlichen Rotator zu nehmen.) Der ebene Rotator ist bekanntlich nach der folgenden Gleichung gequantelt:

$$\frac{2 \cdot J \cdot E}{\hbar^2} = \mu^2. \quad (\mu \text{ ganze Zahl}) \qquad (2)$$

Dabei ist J das Trägheitsmoment und E die Energie des Rotators.

Es sei ferner angenommen, die Ladung des Elektrons sei rotationssymmetrisch auf einem Ring verteilt, dessen Durchmesser r groß gegen die radiale Dicke und die Höhe des Ringes ist. Das Feld einer derartigen Ladungsverteilung ist in einer Entfernung vom Ringmittelpunkt, die groß gegenüber dem Ringdurchmesser ist wie ein Coulomb-Feld. Dieses Ringmodell für die Ladungsverteilung wurde bekanntlich von J. STARK[3] vorgeschlagen. B. S. MADHAVA RAO[4] kam auf Grund eingehender Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß das ringförmige Elektron ebenso wie ein Modell mit kugelsymmetrisch verteilter Ladung nicht in der Lage ist, die Eigenschaften des Elektrons quantitativ richtig wiederzugeben, insbesondere nicht geeignet ist, den Faktor 2 im Verhältnis seines magnetischen und mechanischen Momentes zu erklären. Wenn man aber damit zufrieden ist, die Eigenschaften des Elektrons in großen Zügen durch ein Modell zu erklären, dann kann man sowohl das Modell der rotierenden Ladungskugel als auch das Modell des rotierenden Ladungsringes verwenden. Daß für das folgende das Ringmodell bevorzugt wird, soll vorläufig nur damit begründet werden, daß man damit leichter rechnet. Im Laufe der Betrachtung wird sich dann noch ein anderer Grund dafür einstellen.

Die Gesamtenergie des Rotators sei also gemäß der obigen Voraussetzung $E = m c^2$. Nun ist die Energie nicht einheitlicher Art. Ein Teil steckt in dem elektrostatischen Feld. Dieser Teil soll mit „potentieller" Energieanteil bezeichnet werden und der zugehörige Massenanteil mit „potentieller" Massenanteil. Diesen potentiellen Energieanteil muß man an Arbeit aufwenden, um die Ladung auf den Bereich des Ringes zusammenzubringen. Wenn sich an der rotationssymmetrischen Ladungsverteilung nichts ändert, bleibt dieser Anteil unverändert, wenn man jetzt die zunächst ruhend gedachte Ringladung in Rotation versetzt. Was sich aber gegenüber der ruhenden Ringladung ändert, ist, daß ein Magnetfeld aufgebaut wird. Man kann sagen, das Aufbauen dieses Magnetfeldes ist die Ursache für die träge Masse des Ringes in bezug auf die Rotationsbewegung. Zu einem Magnetfeld können grundsätzlich 2 Teile beitragen: 1. Die zeitliche Änderung eines elektrischen Feldes. 2. Bewegte Ladungsteile. Beim translatorisch bewegten Elektron spielen die beiden Teile eine Rolle. Bei der Rotationsbewegung des Ladungsringes aber bleibt ja das elektrische Feld an allen Stellen des Raumes konstant. Das elektrische Feld spielt also hier für die Magnetfelderzeugung keine Rolle. Der Massenanteil, der in dem elektrischen Feld steckt, wird infolgedessen einer Änderung der Rotationsgeschwindigkeit keinen Widerstand entgegensetzen. Dieser Massenanteil benimmt sich also in bezug auf die Rotationsbewegung nicht wie eine träge Masse und spielt daher bei der Berechnung des Trägheitsmomentes und des mechanischen Momentes auch keine Rolle, sondern nur der Rest der Masse, der nicht durch das elektrostatische Feld erklärt werden kann. Er sei etwa ein Bruchteil $\frac{1}{\xi}$ von m. Die zugehörige Restenergie $\frac{m}{\xi} c^2$ ist in dem Rotationszustand des Ringes enthalten, sie soll mit „kinetischer" Energie, die Restmasse mit „kinetischer" Masse oder auch mit „träger" Masse in bezug auf die Rotationsbewegung bezeichnet werden.

[1] Eingegangen 20. Oktober 1938.

[2] Institut für theoretische Physik.

[3] J. STARK, Physik. Z. **8**, 883 (1907).

[4] B. S. MADHAVA RAO, Proc. Ind. Acad. Sci. (A) **4**, 355 (1936).

Man kann nun diesen Bruchteil so bestimmen, daß das mechanische Moment und das magnetische Moment des Elektrons richtig herauskommen. Das Trägheitsmoment des Rotators wird dann:

$$J = \frac{m}{\xi} \cdot r^2. \tag{3}$$

Aus (2) und (3) folgt für den Radius des Ringes:

$$r = \mu \cdot \frac{\hbar}{mc} \sqrt{\frac{\xi}{2}}. \tag{4}$$

Für $\mu = 1$ wird das mechanische Moment des Elektrons:

$$\text{Mechanisches Moment} = \frac{m}{\xi} \cdot r \cdot (r\omega) = \frac{\hbar}{2}. \tag{5}$$

Das magnetische Moment wird

$$\left.\begin{aligned}\text{Magnetisches Moment} &= 1/c \times \text{Strom} \times \text{Fläche} \\ &= \frac{1}{c} \cdot e\nu \cdot r^2\pi = \frac{e}{mc} \cdot \frac{\hbar}{2} \cdot \frac{\xi}{2};\end{aligned}\right\} \tag{6}$$

ξ muß also 2 sein. Der numerische Wert für den Ringradius ist dann $r_{\text{Elektron}} \approx 3{,}8 \cdot 10^{-11}$ cm. Die Höhe und die radiale Dicke werden von der Größenordnung des klassischen Elektronendurchmessers sein. (Die Energie des elektrostatischen Feldes ist ja, weil $\xi = 2$, $\frac{m}{2}c^2$, und um diese Energie als elektrostatische Energie unterzubringen, muß der Ringquerschnitt einen Durchmesser von der Größenordnung des klassischen Elektronendurchmessers haben.) Das war ein Hauptgrund dafür, eine ringförmige Ladungsverteilung anzunehmen.

$\mu = 2$ würde zu einem mechan. Moment $2\hbar$ führen, ist aber vermutlich wie alle größeren μ nicht möglich, weil die zugehörige Geschwindigkeit $2r\pi \cdot \nu$ mit ν aus Gl. (1) größer als die Lichtgeschwindigkeit wäre. Für $\mu = 1$ wird die Geschwindigkeit, mit der die Ladung auf dem Ring umläuft, gerade gleich der Lichtgeschwindigkeit c.

An Stelle der Annahme: Die Frequenz, mit der die Ladung umläuft, sei gerade das ν aus Gl. (1), hätte man auch die folgende machen können: Die Geschwindigkeit, mit der die Ladungen auf dem Ring umlaufen, sei gleich der Lichtgeschwindigkeit c, dann folgt eben, daß dies gerade einer Umlauffrequenz ν entspricht, wie sie aus Gl. (1) folgt. Der Vollständigkeit halber sollen auch die Formeln, die sich unter dieser Voraussetzung ergeben, noch angegeben werden: Aus der „kinetischen" Energie des ruhenden Elektrons $\frac{m}{\xi}c^2$ erhält man für den Drehimpuls $r \cdot \frac{m}{\xi}c$.

Dieser soll nach der Erfahrung gleich $\hbar/2$ sein. Das ist der Fall, wenn der Ringradius $r = \frac{\hbar}{mc} \cdot \frac{\xi}{2}$ ist. Ferner soll nach der Erfahrung das magnetische Moment $\frac{e}{mc}\frac{\hbar}{2}$ sein. Nach dem vorgeschlagenen Modell ergibt sich andererseits:

$$1/c \times \text{Strom} \times \text{Fläche} = \frac{1}{c} \cdot e\frac{c}{2r\pi} \cdot r^2\pi = \frac{e}{2} r = \frac{e}{mc} \cdot \frac{\hbar}{2} \cdot \frac{\xi}{2}.$$

Es muß also ebenso wie bei der ursprünglichen Ableitung $\xi = 2$ sein. Die Frequenz des Umlaufes ist, wie man aus der folgenden Gleichung sieht, gleich der Frequenz aus Gl. (1).

$$\frac{c}{2r\pi} = \frac{mc^2}{\hbar} = \nu.$$

Diese letzte Betrachtung ist einem Vorschlag von H. HÖNL sehr ähnlich[1]. HÖNL nimmt kugelsymmetrische Ladungsverteilung an und geht auch von der Annahme aus, daß die periphere Geschwindigkeit, mit der die Ladung umläuft, gerade c ist. Bei diesem Modell ist dann der Anteil der elektrostatischen Energie nur ein kleiner Bruchteil von der Gesamtenergie des Elektrons. Die genaue Übereinstimmung mit der Erfahrung (Mech. Moment und Magn. Moment des Elektrons), die bei der vorliegenden Arbeit erzwungen wird durch die Wahl der Energieaufteilung (im Verhältnis 1:1) und die Annahme, daß sich der im elektrischen Feld steckende Massenanteil bei der Rotationsbewegung des Ringes nicht als träge Masse bemerkbar macht, ist dort nicht vorhanden. Es soll aber nicht behauptet werden, daß die Möglichkeit einer solchen Erzwingung der Übereinstimmung ein Beweis für die Richtigkeit des ringförmigen Modells sei.

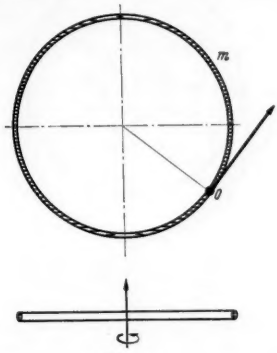

Fig. 1.

Im folgenden soll noch gezeigt werden, wie man an Hand des Teilchenmodells aus der Korpuskularnatur allein sehen kann, daß es keinen Sinn hat, wenn man mit einem punktförmigen Elektron rechnet, den Orts- und Impulsangaben einen absoluten Wahrheitsgehalt beizulegen. Es sei angenommen, man hätte einen Probekörper, dessen Ausdehnung klein ist, verglichen mit dem Ringdurchmesser (etwa ein Neutron), der mit dem Ring an einer Stelle (z. B. O in Fig. 1) zusammenstößt. Wenn man den Ort des punktförmigen Elektrons (Ringmittelpunkt) für den Ort des Zusammenstoßes nehmen wollte, so würde man damit einen Fehler von der Größenordnung des Ringradius r machen. Hat das Elektron als ganzes Gebilde keine Translationsgeschwindigkeit, so hätte es als punktförmiges Elektron betrachtet auch keinen Impuls. Der Probekörper macht aber beim Zusammenstoß mit dem Elektron endlicher Ausdehnung die Erfahrung, daß sich dieses (der rotierende Ring) so benimmt, als ob es einen Impuls hätte, dessen Richtung die Tangente bei O an den Ring ist und dessen Größe $p = \frac{m}{2}c$ ist. Über das Produkt von diesem Impuls und dem Ringradius (Mechanisches Moment) weiß man aus der Erfahrung, daß es $\hbar/2$ sein muß.

$$p \cdot r = \frac{\hbar}{2}. \tag{7}$$

Ohne also von der Wellennatur der Teilchen Gebrauch zu machen, sieht man, daß das Produkt der prinzipiellen Fehler bei den Orts- und Impulsangaben für ein Elektron von der Größenordnung $\hbar/2$ sein muß, selbst dann, wenn es einen Probekörper gäbe, dessen Ort und Impuls man genau angeben könnte.

[1] H. HÖNL, Naturwiss. **26**, 408 (1938).

2. *Das Neutron.*

In ganz analoger Weise läßt sich nun auch ein Modell für das Neutron aufstellen, das die experimentellen Befunde richtig wiedergeben kann. Aus experimentellem Material hat man Grund, für das Neutron ein mechanisches Moment $\hbar/2$ und ein magnetisches Moment $-2{,}0\,\frac{e_p}{M_N c}\,\frac{\hbar}{2}$ anzunehmen. e_p ist dabei die Ladung des Protons und M_N die Masse des Neutrons (die ja ungefähr mit der Masse des Protons übereinstimmt). Ein Modell, das diese Eigenschaften hat, ist das folgende (s. Fig. 2):

Ein rotierender Ring positiver Elektrizität wird von einem konzentrisch dazu gelegenen rotierenden Ring

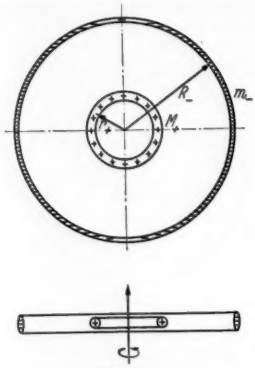

Fig. 2.

negativer Elektrizität umgeben. Der Betrag der positiven Ladung $e_+ = e_p$ ist genau so groß wie der Betrag der negativen Ladung, so daß sich das Modell, wie es sein muß, in großer Entfernung wie ein neutrales Teilchen verhält. Die mit der positiven Ladung verbundene Masse (potentielle und kinetische zusammen) sei M_+, die mit der negativen Elektrizität verbundene Masse m_-. $[M_+ + m_-]$ sei dann gleich der Masse des Neutrons M_N. Beide Ringladungen sollen nun in der gleichen Richtung umlaufen, und zwar beide mit Lichtgeschwindigkeit. Um den experimentellen Befunden Rechnung zu tragen, müssen die folgenden beiden Gleichungen befriedigt werden:

$$\frac{M_+}{2}\cdot r_+ \cdot c + \frac{m_-}{2}\cdot R_- \cdot c = \frac{\hbar}{2}\,, \tag{8}$$

$$\frac{1}{c}\cdot e_+ \frac{c}{2 r_+ \pi}\cdot r_+^2 \pi - \frac{1}{c}\cdot e_+ \frac{c}{2 R_- \pi}\cdot R_-^2 \pi = -2{,}0\,\frac{e_+}{M_N c}\,\frac{\hbar}{2}\,, \tag{9}$$

die vereinfacht in der folgenden Weise geschrieben werden können:

$$M_+ r_+ + m_- R_- = \frac{\hbar}{c}\,, \tag{8'}$$

$$R_- - r_+ = 2{,}0\,\frac{\hbar}{M_N c}\,. \tag{9'}$$

Hieraus ergeben sich für die Radien R_- (Radius des Ringes negativer Elektrizität) und r_+ (Radius des Ringes positiver Elektrizität) die folgenden Ausdrücke:

$$R_- = \frac{\hbar}{M_N c}\left[3{,}0 - 2{,}0\,\frac{m_-}{M_N}\right], \tag{10}$$

$$r_+ = \frac{\hbar}{M_N c}\left[1 - 2{,}0\,\frac{m_-}{M_N}\right]. \tag{11}$$

Wenn man für m_- die Masse des Elektrons setzt, dann ergibt sich für R_- folgender numerischer Wert:

$$R_- \approx 0{,}63 \cdot 10^{-13}\ \text{cm}.$$

Wenn man für m_- die Masse eines schweren Elektrons nimmt, etwa den von AUGER angegebenen Wert von 100 Elektronenmassen, dann erhält man:

$$R_- \approx 0{,}61 \cdot 10^{-13}\ \text{cm}.$$

Stillschweigend wurde in Gl. (8) angenommen, daß die Massenaufteilung zwischen der potentiellen und der kinetischen Masse beim positiven und negativen Ring des Neutrons genau so sei wie beim Elektron, nämlich halb und halb. Weil grundsätzlich eine andere Aufteilung von vorneherein nicht auszuschließen ist, wäre es unter Umständen möglich, daß die Formeln in dieser Hinsicht eine Abänderung erfahren müßten.

3. *Das Proton.*

Beim Proton, dessen mechanisches Moment $\hbar/2$ und dessen magnetisches Moment $2{,}85\,\frac{e_p}{M_p c}\,\frac{\hbar}{2}$ ist, wird man zunächst versuchen, es durch einen einzigen rotierenden Ring darzustellen. Wenn man zuläßt, daß ξ beim Proton einen anderen Wert hat als beim Elektron (dort war $\xi = 2$), dann kann man das in der Tat, wie aus den folgenden Gleichungen zu sehen ist:

$$\text{Mechanisches Moment} = \frac{M_p}{\xi}\cdot r \cdot c = \frac{\hbar}{2} \tag{12}$$

(Umlaufgeschwindigkeit der Ladungen wieder c) M_p = Masse des Protons, r = Ringradius, e_p = Ladung des Protons.

$$r = \frac{\hbar}{M_p c}\cdot\frac{\xi}{2}\,, \tag{13}$$

$$\left.\begin{aligned}\text{Magnetisches Moment} &= \frac{1}{c}\cdot e_p \frac{c}{2 r \pi}\cdot r^2 \pi \\ &= \frac{e_p}{2}\cdot r = \frac{e_p}{M_p c}\cdot\frac{\hbar}{2}\cdot\frac{\xi}{2}\,.\end{aligned}\right\} \tag{14}$$

Um mit der Erfahrung in Übereinstimmung zu sein, müßte also $\xi/2 = 2{,}85$ sein. Das gäbe für den Ringradius

$$r \approx 0{,}6 \cdot 10^{-13}\ \text{cm}.$$

Wenn man das Proton durch 2 rotierende Ringe darstellen will, einen positiven und einen negativen, dann müßte $e_+ = 2\,e_p$ sein, wenn e_- die negative Elementarladung $(-e_p)$ ist.

Am einfachsten dürfte sich das Proton vielleicht durch 3 konzentrisch liegende Ringe darstellen, etwa in der folgenden Weise: Der innerste trägt die positive Elementarladung e_p und den Hauptmassenanteil $M_+ \approx M_p$. Dann kommt ein Ring negativer Elektrizität $-e_p$ und der Masse m_- (etwa Elektronenmasse) und schließlich als äußerster Ring wieder einer mit der positiven Elementarladung e_p und der Masse m_+ (etwa Positronenmasse). Die Ladungen laufen auf allen dreien in der gleichen Richtung mit Lichtgeschwindigkeit um. Analog wie beim Neutron und beim Elektron hat man dann wieder 2 Gleichungen zu befriedigen, die gleich in vereinfachter Form angegeben werden:

$$M_+ r_+ + m_- R_- + m_+ R_+ = \frac{\hbar}{c}\,, \tag{15}$$

$$r_+ - R_- + R_+ = 2{,}85\,\frac{\hbar}{M_p c} \approx 0{,}6 \cdot 10^{-13}\ \text{cm}. \tag{16}$$

Interessieren würde vor allem der äußere Radius, der die Größe des Protons bestimmt. Aus diesen beiden Gleichungen allein kann man ihn aber nicht genau angeben, vielmehr kann man nur sagen, daß

$$R_+ > 0{,}6 \cdot 10^{-13}\ \text{cm}.$$

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Montmorillonit von der Mehmelser Kuppe (Thür.).

In 3 Mitteilungen [Naturwiss. **24**, 667 (1936); Chemie der Erde **11**, 217, 287] wurde ein eigenartiges Vorkommen von Montmorillonit am Dolmar bei Meiningen beschrieben. Bei einer Besichtigung der Mehmelser Kuppe bei Wasungen (Erl. geol. Karte Bl. Oberkatz) konnten dort die gleichen Verhältnisse festgestellt werden. Der Einschluß an der Kuppe bei Mehmels hat die Größe 30 × 135 cm. Er zeigt die gleiche Schichtung, wie sie am Dolmar zu sehen ist. Der Dolmar besteht aus Nephelinbasalt, die Mehmelser Kuppe aus Limburgit. An beiden Fundorten ist der Montmorillonit wahrscheinlich hydrothermaler Entstehung.

Jena, Mineralogisches Institut der Universität, den 13. Oktober 1938. H. Jung.

Ergebnis der Fourier-Analyse beim Magnesium und Raumchemie der Metalle.

Für die Zwecke der Raumchemie haben wir die Elektronentheorie der Metalle derart nutzbar gemacht, daß wir die Metallvolumina in „Ionenräume" und „Elektronenräume" unterteilten. Die Elektronenräume ermittelten wir, indem wir von dem Atomvolumen des betreffenden Metalles das Kationvolumen subtrahierten, das sich aus den Ionenverbindungen eben dieses Metalles ergab. Dabei fanden sich große, charakteristische Unterschiede bei den einzelnen Metallen, beispielsweise die folgenden:

	Atomvolumen	Ionenvolumen	Elektronenvolumen
K	43	16	27
Cs	66	26	40
Ag	10	9	1
Mg	14	2	12

Unser Verfahren war zweifellos gewagt; u. a. hätte die Modellvorstellung geteilter Räume allzu schematisch erscheinen können; ferner konnte es zunächst nur einen Versuch bedeuten, wenn wir dem Kation in einem gediegenen Metall den nämlichen Raum zuschrieben, wie in einem Salz. Wenn wir von „einiger Berechtigung" unseres Ansatzes sprachen, so leitete sich diese wesentlich vom Erfolge ab. In der Tat haben wir unsere „Elektronenräume" mit Nutzen verwenden können, z. B. bei der Deutung des Zusammenhanges mit den Ladungen der positiven Metallpartner, mit der Kompressibilität der Metalle, mit der Raumschwindung bei der Entstehung von Legierungen, mit den Bildungswärmen der Legierungen, mit der Komprimierbarkeit der Legierungen[1].

H. G. Grimm, R. Brill, C. Hermann und Cl. Peters[2] haben nun vermittelst Fourier-Analyse festgestellt, daß im Magnesium 2 Leitungselektronen pro Atom vorhanden sind, die keine bevorzugten Gitterplätze einnehmen, während sich die restlichen 10 Elektronen auf ein innerhalb eines ziemlich scharfen Abfalles definiertes wesentlich kleineres Volumen verteilen. Ein Vergleich der so von den genannten Autoren ermittelten Raumanteile und der früher in der Raumchemie vorgeschlagenen ergibt das Folgende:

Ergebnisse der Fourier-Analyse:	*Raumchemische Unterteilung:*
Volumen des Atomrestes mit 10 Elektronen etwa	Ionenvolumen etwa
13 % des Gesamtvolumens,	14 % des Gesamtvolumens,
nämlich 3 Å³ von 23 Å³.	nämlich 2 ccm von 14 ccm.

Die Güte der Übereinstimmung ist wohl zufällig, unter anderem deshalb, weil unser Wert für das Ionenvolumen gerade im vorliegenden Falle bei seiner Kleinheit mit einer erheblichen prozentischen Unsicherheit behaftet ist. Aber unsere Vorstellung erweist sich als zutreffend, und wir haben bei der Auswertung im vorliegenden Falle offenbar nicht vorbeigegriffen. Freilich ist zwischen einem sinnvollen und nützlichen Ansatze und der unmittelbaren Wirklichkeit, deren Erkenntnis man Grimm, Brill, Hermann und Peters verdankt, gewiß ein weiter Weg.

Hannover, Institut für anorganische Chemie der Technischen Hochschule, und Göttingen, Universität, den 27. Oktober 1938. W. Biltz.

Über eine neue, ferromagnetische Modifikation des Eisen(III)oxyds.

Bei der Oxydation von Ferrosalzlösungen in alkalischer Lösung gelang es, ein ferromagnetisches Eisen(III)oxyd zu isolieren, dessen Röntgeninterferenzen sich von den bekannten des α-Fe_2O_3 bzw. γ-Fe_2O_3 unterschieden. Die Linienlagen können durch eine hexagonale Elementarzelle mit den Achsen $a = 5{,}09$ Å; $c = 4{,}41$ Å erklärt werden. Bei 3stündigem Erhitzen auf 110° läßt sich röntgenographisch eine Umwandlung des neuen Eisen(III)oxyds in α-Fe_2O_3 feststellen. Dichte: ϱ (Röntgenogr.) = 5,32 (2 Moleküle pro Zelle), ϱ (Pyknom.) = 4,7.

Zum Unterschied von α-Fe_2O_3 und γ-Fe_2O_3 wird die Bezeichnung δ-Fe_2O_3 vorgeschlagen.

Ein ausführlicher Bericht erscheint in der Z. anorg. u. allg. Chem.

Stuttgart, Laboratorium für anorganische Chemie und anorganisch-chemische Technologie der Technischen Hochschule, den 31. Oktober 1938. O. Glemser. E. Gwinner.

Wechselwirkung von Leitungselektronen und Störstellen im elektronischen Halbleiter: Spannungseffekt, Frequenzeffekt.

Im wesentlichen nimmt man heute an, daß im elektronischen Halbleiter, soweit es die Störstellenleitung anbetrifft, die Leitungselektronen mindestens teilweise energetisch an die Störstellen gekettet sind[1]. Und zwar sollen, je niedriger die Temperatur ist, um so mehr Leitungselektronen in dieser Weise festgelegt sein. Aus diesem Bild folgt z. B. eine Erklärung für die exponentielle Temperaturvariation der Leitfähigkeit. Doch auch andere Effekte scheinen eine solche „Assoziation zu Dipolen" zu fordern[2].

Man kann nun, in einer gewissen Analogie zur Theorie der elektrolytischen Leitung in verdünnter Lösung, ein etwas anderes Bild für die Wechselwirkung von Leitungselektronen und Störstellenstruktur den Betrachtungen über die Störstellenleitung in Ionenkristallen zugrunde legen. Dieses Bild verhält sich zu dem obengenannten ähnlich wie die Vorstellung der Debyeschen Ionenwolke im Elektrolyten[3] zur Annahme partieller Assoziation der Ionen zu Dipolen gemäß Svante Arrhenius. Danach wäre das Leitungselektron (Defektelektron) energetisch mit sämtlichen in seiner Umgebung befindlichen Störstellen verkoppelt. Denkt man sich also die Störstellen statistisch über den Kristall verteilt (etwa ebenso wie es bei einem eingefrorenen Momentanbild die Ionen einer Art in der Lösung sein würden), so sind die Leitungselektronen im Gleichgewicht derart dazwischengelagert, daß sich jedes von ihnen möglichst im Zentrum

[1] Einige Literatur: W. Biltz, Raumchemie der festen Stoffe. Daselbst 2. Buch, Kapitel II (in Gemeinschaft mit W. Klemm), S. 206ff. Leipzig: L. Voß 1934. — W. Biltz, Ber. dtsch. chem. Ges. **68**, 91 (1935) — Kompression der Metalle bei der Bildung intermetallischer Verbindungen. Z. Metallkde **26**, 230 (1934). — W. Biltz, Fr. Weibke, Der besondere Zustand der Materie in gewissen Legierungen, raumchemisch betrachtet. Z. anorg. u. allg. Chem. **223**, 321 (1935). — W. Biltz, Bildungswärmen intermetallischer Verbindungen. Z. Metallkde **29**, 73 (1937). — W. Biltz, Fr. Weibke, Über Wertigkeit und chemische Kompression von Metallen in Verbindung mit Gold. Z. anorg. u. allg. Chem. **236**, 12 (1938). — Fr. Weibke, Über die Abnahme der mechanischen Kompressibilität der Metalle bei der Legierungsbildung. Z. Metallkde **30**, 322 (1938).

[2] H. G. Grimm, R. Brill, C. Hermann u. Cl. Peters, Naturwiss. **26**, 479 (1938).

[1] Für Defektleitung gelten analoge Betrachtungen.

[2] Man vgl. W. Schottky u. F. Waibel, Physik. Z. **34**, 858 (1933); **36**, 912 (1935); ferner die Berichte von Gudden-Schottky sowie C. Wagner, Physik. Z. **36**, 717 bzw. 721 (1935).

[3] Man vgl. etwa H. Falkenhagen, Elektrolyte. Leipzig 1932.

einer größeren Zahl umgebender Störstellen befindet. In der üblichen Gitterpotentialdarstellung liegen also die Ladungsträger in Potentialmulden, die sich dem periodischen Gitterpotential überlagern. Ist die Störstellenzahl gering, so kann man unter Vernachlässigung der Atomgitterpotentiale gleichsam klassisch rechnen. Es ist also die Aufgabe zu lösen, daß ein Elektron in einer Art unregelmäßigem Hügelland von Potentialmulden unter dem Einfluß eines äußeren Feldes läuft. Man sieht zunächst, daß ebenfalls eine exponentielle Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit folgt: Nur Elektronen von genügend großer thermischer Energie können — bei kleinen Feldstärken — von einer Mulde in die benachbarte gelangen. Der Gültigkeit des OHMschen Gesetzes, das eine Proportionalität zwischen Stromstärke und treibender Potentialdifferenz auch für beliebig kleine Potentialdifferenzen verlangt, ist durch den angedeuteten Mechanismus ebenso Genüge getan wie bei der SCHOTTKY-WAIBELschen Dipolassoziation[1].

Darüber hinaus ergibt sich sofort eine einfache Erklärung des von WAIBEL geforderten Spannungseffektes[2]: des Zusammenbruches des spezifischen Widerstandes oberhalb einer bestimmten Grenzfeldstärke. Wird nämlich die Feldstärke so hoch, daß die Leitungselektronen im Bereich ihrer Mulde eine ausreichende Energiemenge akkumulieren können, so werden sie unabhängig von den sonst notwendigerweise helfenden thermischen Stößen die Potentialberge überschreiten. Die beim Elektrolyten entsprechende Wirkung ist der WIENsche Spannungseffekt[3], zu dessen Auftreten ebenfalls eine gewisse Mindestfeldstärke notwendig ist: Sie muß so groß sein, daß das Ion seiner Ionenwolke in einer Zeit, die zur Bildung der Ionenwolke notwendig ist, davonläuft.

Die Grenzfeldstärke für Halbleiter hängt von der Störstellenkonzentration und der Höhe der Potentialschwellen ab. Bei Einsetzen annehmbarer Zahlenwerte kommt man auf Feldstärken von einigen tausend Volt, Zahlen, die etwa den WAIBELschen Versuchen entsprechen. Das Bild würde darüber hinaus fordern, daß die Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit in Halbleitern für Feldstärkewerte, größer als die Grenzfeldstärke, eine gänzlich andere, metallähnliche ist. Auch muß die Grenzfeldstärke mit steigender Störstellenkonzentration zu höheren Werten streben. Diese letzte Forderung läßt verstehen, daß HENNINGER[4] bei seinen hochleitfähigen Kupferoxydulproben keine Spannungseffekte gefunden hat.

Der zweite, für Elektrolyte charakteristische Effekt, die Dispersion der Leitfähigkeit für hohe Frequenzen, läßt vermuten, daß auch beim Halbleiter eine ähnliche Erscheinung existiert. Diese Wirkung ist an eine charakteristische Zeit (an eine Frequenz) geknüpft. Wird nämlich der Halbleiter mit einem Wechselfeld beansprucht, so kann dieses unter Umständen eine so hohe Frequenz besitzen, daß das einzelne Leitungselektron seine Potentialmulde nicht mehr verlassen wird, sondern nur darin pendelt. Auch diese Leitfähigkeit wäre erheblich größer als die normal meßbare bei niedriger Gleichspannung, und hätte ebenfalls die andere Temperaturabhängigkeit. Zu erwarten sind bei den bekannten hohen Elektronenlaufgeschwindigkeiten im Halbleiter derartige Dispersionseffekte erst bei außerordentlich hohen Frequenzen, etwa bei denen des Ultrarot.

Die ausführliche Darstellung der hier angedeuteten Überlegungen wird später an anderer Stelle veröffentlicht.

Berlin-Siemensstadt, Zentrallaboratorium der Siemens & Halske A.-G., den 10. Oktober 1938. F. HORST MÜLLER.

Über Aktivierungseffekte mit Röntgenstrahlen am Tabakmosaikvirus.

Von amerikanischen und englischen Autoren (GOWEN und PRICE, 1936, und BAWDEN und PIRIE, 1937) ist mitgeteilt worden, daß das Tabakmosaikvirus bzw. Kartoffel-X-Virus mit Röntgenstrahlen und UV-Licht inaktiviert werden könne. Die Verfasser haben Viruslösungen und Trockenpräparate in gleicher Weise apathogen machen können. Sie konnten ihre Präparate nach 3stündiger Bestrahlung mit einer Cu-Antikathode oder mit einer X-Strahlenröhre bei 30 kV und 20 mA auf $^1/_{100}$ der ursprünglichen Aktivität zurückbringen. Nach 7stündiger Bestrahlung waren die Präparate völlig wirkungslos geworden. PRICE und GOWEN (1937) berichten auch, daß ihnen die Inaktivierung mit UV-Licht gelungen sei.

Wir fanden in Bestrahlungsserien mit X-Strahlen an Tabakmosaikviruslösungen mit bekannten Eigenschaften folgende Aktivierungseffekte:

Tabelle 1.

Serie	115 kV 10 m A Filter 1 mm Al	Anzahl der Einzelherde der ganzen Verdünnungsreihe		Eigenschaften der Präparate
		Datura stram.	Nic. glutinosa	
A 16. 6. 38	Kontrolle	2969	3544	1,5 mg Virus pro ccm Lösungsmittel. $^m/_{15}$ Phosphatpuffer p_H 7,0
	5000 r	3342	5900	
B 12. 7. 38	Kontrolle	813	—	1,08 mg Virus pro ccm Lösungsmittel. $^m/_{75}$ Phosphatpuffer p_H 7,0
	10000 r	1615	—	
	12000 r	2859	—	
	14000 r	3659	—	
C 23. 7. 38	Kontrolle	2337	—	1,69 mg Virus pro ccm Lösungsmittel. 99,7 % Viruseiweiß auf Trockensubstanz. Salzgehalt unter 0,01 %. $k = 1{,}5 \cdot 10^{-3}$
	10000 r	3773	—	
	18000 r	5042	—	
	19000 r	2603	—	

Unbeschadet der gewählten Ausgangskonzentrationen und der Verschiedenartigkeit der Präparate stellt sich innerhalb eines bestimmten Dosierungsbereiches ein Aktivierungseffekt ein.

Dieser Effekt ist rein quantitativer Natur und manifestiert sich in einer bestimmten sprunghaften Steigerung der Anzahl Einzelherde für jede Verdünnungsreihe. Wenn man sich die quantitativen Beziehungen zwischen Einzelherd und Einzelteilchen so denkt, daß prinzipiell ein Virusmolekül mit einer bestimmten pathogenen Aktivität *eine* Infektion, d. h. eine Einzelherdbildung als Sekundäreffekt bewirken kann, — und das ist (KAUSCHE, 1937) zum Verstehen der Primärvorgänge beim virösen Katalyseeffekt für die „Vermehrung" des Virus im pflanzlichen Organismus nötig — dann ergeben sich für den Fall der erhöhten Aktivität durch X-Strahlen folgende Deutungsmöglichkeiten:

1. Der Aktivierungseffekt besteht in der Vermehrung der Anzahl schon vorhandener Einzelteilchen pro Volumeinheit Dispersionsmittel. Die Vermehrung kann dann auf Molekülzerfall durch Strahlentrefferwirkung zurückgeführt werden. In diesem Fall wäre das bekannte Virusmolekül nicht mehr die letzte infektiöse Einheit.

2. Der Aktivierungseffekt besteht in der Vermehrung der biologisch aktiven Gruppen im oder am Virusmolekül selber, so daß weniger Virusmoleküle zur Erzeugung eines Herdes notwendig wären. Praktisch wird ja der Nachweis der theoretisch zu fordernden Beziehung Einzelteilchen → Einzelherd noch schwer zu erbringen sein. Es ist aber durchaus denkbar, daß die Strahlenwirkung sich als Virulenzsteigerung eines Virusmoleküls manifestieren kann, wenn man sich vorstellt, daß an sich pathogen inaktive Gruppen am Molekül durch Ionisation oder Anregung beim Elektronendurchgang durch den empfindlichen Bereich in den Aktivitätszustand versetzt werden können.

3. Das Virus liegt nach seiner Reindarstellung a priori nicht in monomolekularer und homodisperser Form, sondern total oder partiell aggregiert (s. a. BAWDEN und PIRIE, 1938) vor. Die Bestrahlung würde also die Auflösung, Desaggregation dieser Komplexe bewirken. Die Folge wäre zwar eine Vermehrung der Einzelteilchen und damit einhergehend eine Vergrößerung der aktiven Oberfläche, bedeutete aber keinesfalls eine Erhöhung des Virusgehaltes, bezogen auf N-Einheiten. In diesem Falle handelte es sich überhaupt nicht um einen primären Strahleneffekt, sondern um eine Erscheinung, die den von HOLZAPFEL und NORD (1938) beobachteten Kryolyseeffekten (s. a. PYL, 1933) ähnlich wäre. Da diese Effekte in ganz bestimmten Beziehungen zum Ionisationsgrad der Oberflächen stehen, würde also dem durch Strah-

[1] Siehe Fußnote 2 auf S. 739, rechte Spalte.
[2] F. WAIBEL, Wiss. Veröff. Siemens-Konz. 15, 75 (1936).
[3] M. WIEN, Ann. Physik 83, 795 (1928).
[4] P. HENNINGER, Ann. Physik 31, 337 (1938); Physik. Z. 39, 216 (1938).

lung bewirkten Ionisationsgrad eine erhebliche Rolle zukommen.

In keinem Falle darf jedoch die biologische Strahlenwirkung beim TM-Virus verallgemeinert oder den beim Gen beobachteten Effekten ohne weiteres gleichgesetzt werden, denn Tastversuche mit X-Strahlen und UV-Licht haben an anderen Viren andere Wirkungen gehabt. Ähnliche Unterschiede wurden von KAUSCHE (1938) bei Kolloidreaktionen in bezug auf die differenten Oberflächenladungsgrößen bei verschiedenen Viren insofern beobachtet, als gleiche Elektrolytzusätze unter gleichen Bedingungen bei verschiedenen Viren durchaus nicht immer die Oberflächenladungen gleichsinnig zu beeinflussen scheinen.

Wenn nach JORDAN (1938) die Genmutation ein Quantensprung ist, der sich entweder darin äußert, daß das Genmolekül in ein Isomer der gleichen Bruttoformel umgelagert wird oder die Abspaltung bzw. den Einbau eines kleineren Radikals oder Moleküls zur Folge hat, und wenn man dieselben Vorstellungen für den vorliegenden Fall der Aktivierungserhöhung auf die Viren anwenden wollte, dann müßte man nach den bisherigen Erfahrungen annehmen, daß die Veränderungen im Genmolekül eine qualitativ veränderte Beeinflussung der Reaktionskette Gen → Phänotypus zur Folge hat. Gleiche oder ähnliche strahlenbedingte Veränderungen haben am Virus nach unseren Erfahrungen aber bisher nur quantitative Folgen gehabt. Höchstwahrscheinlich liegen die Verhältnisse aber noch komplizierter als hier geschildert. Dazu kommt, daß in der Einzelherdmethode doch noch bestimmte Fehler (KAUSCHE, 1937) liegen, mit denen einstweilen gerechnet werden muß.

Indessen sind die hier nur kurz vorgebrachten Deutungsversuche dem Experiment durchaus zugänglich, so daß wir uns die endgültige Stellungnahme in der bereits laufenden Experimentalarbeit vorbehalten.

Berlin-Dahlem, Biologische Reichsanstalt, Dienststelle für physiologische Botanik; Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, den 6. Oktober 1938. G. A. KAUSCHE. H. STUBBE.

Über Aktivierungseffekte mit γ-Strahlen am Tabakmosaikvirus.

In Fortsetzung der Versuche mit Röntgenstrahlen am Tabakmosaikvirusprotein (KAUSCHE und STUBBE, 1938) wurden mit γ-Strahlen eines Mesothoriumpräparates mit einer Strahlungsintensität von 10 mg Ra-Element, Tabakvirussuspensionen von bekannten Eigenschaften bestrahlt. Wie nach dem Ausfall der Versuche mit X-Strahlen zu erwarten war, konnten bei der gewählten Dosierung der Strahlen und Schichtdicke der Präparate erhebliche Aktivitätssteigerungen am TM-Virusprotein festgestellt werden.

Tabelle 1.

Mesothorium = 10 mg Ra-Element	Infektionseffekt auf Datura stramonium		Eigenschaften des Viruspräparates
	Einzelsymptome	Aktivitätsgrenze	
Unbestrahlte Kontrolle	167	1: 12800	Tabakmosaikvirus in $^{m}/_{30}$ Phosphatpuffer 1:10; bei einem Virusgehalt von ± 0,7 mg pro ccm
1 Std. bestr.	229	1: 102400	
2 Std. bestr.	468	1: 409600	
20 Std. bestr.	272	1:1638400	

Die Aktivitätsunterschiede zwischen den einzelnen Stufen liegen wie bei den Röntgenstrahlenversuchen außerhalb der Fehlergrenzen. Beim Vergleich der Resultate im Einzelherdverfahren mit den Aktivitätsgrenzen fällt auf, daß scheinbar mit einer geringeren Anzahl Einzelherde eine höhere Aktivitätsgrenze erreicht werden kann. Die Analyse der Einzelherdresultate zeigt indessen, daß im Bereich niederer Viruskonzentrationen, wie früher schon festgestellt (KAUSCHE, 1937), das Verhältnis von N, der Anzahl möglicher Herde, zu X, der Anzahl tatsächlich vorhandener und infektionstüchtiger Teilchen so ungünstig wird, daß die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens des Infektionserfolges sehr gering wird. Zuverlässiger scheint daher zu sein, die letzte sicher wirkende Infektionsdosis als Aktivitätsgrenze zu wählen. Indessen können hier aber auch Gesetzmäßigkeiten vorliegen, die mit der quantitativen Beziehung zwischen Einzelteilchen und Einzelherdbildung zusammenhängen. Es wird hier nur auf die Schwierigkeiten grundsätzlich hingewiesen, weil von manchen Autoren immer noch angenommen wird, daß Viruskonzentration und Infektionseffekt prinzipiell proportional gehen müssen. Man kann aber höchstens dann von einem solchen Verhalten sprechen, wenn man die Voraussetzungen dazu, nämlich das Verhältnis Viruseinzelteilchen und Infektionswirkung sowie die Verteilung der Teilchen auf eine Verdünnungsreihe, genau beherrscht.

Die Erörterung der beobachteten Effekte und der Analyse ihrer Ursachen bleibt der auf breiter Basis bereits fortgeführten experimentellen Arbeit vorbehalten.

Berlin-Dahlem, Biologische Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Dienststelle für physiologische Botanik, den 22. Oktober 1938. G. A. KAUSCHE.

Über den färberischen Nachweis des Tabakmosaikvirus.

Von RISCHKOV und GROMYKO (1938) ist kürzlich über Färbungsversuche an Tabakmosaikviruskristallen mit Säurefuchsin berichtet worden. Nach unseren eigenen Erfahrungen färben sich jedoch die Virusproteinkristalle damit sehr schlecht an. Wir haben im Zuge unserer Arbeiten zum Virusnachweis die besonderen Fällungs- und Flockungseigenschaften des TM-Virus und Kartoffel-X-Virus mit einer Färbetechnik kombiniert, so daß das TM-Viruseiweiß gut anfärbbar und vom Kartoffel-X-Virus zu unterscheiden ist.

Fig. 1. Tabakmosaikvirus gefärbt mit Azur-Eosin. 1:400.

Fig. 2. Tabakmosaikvirus gefärbt mit Viktoriablau nach HERZBERG. 1 : 1200.

Preßsaft von viruskranken und gesunden Tabakpflanzen wurde über Tierkohle filtriert, mit 5proz. Essigsäure in halbgesättigter Ammonsulfatlösung auf p_H 5,5 eingestellt. Dann wurde in einem bestimmten Mengenverhältnis Ammonsulfat in Substanz und weiter gesättigte Ammonsulfatlösung vorsichtig hinzugesetzt, bis das Viruseiweis ausfiel. Von einem Tropfen dieser Suspension wurde ein lufttrockenes Ausstrichpräparat hergestellt, mit alkoholischer Pikrinsäure fixiert und mit Azur-Eosinfarbstofflösung 24 Stunden gefärbt. Differenzierung mit verdünntem Azeton. Das

zunächst in feinen Kriställchen ausgefallene Viruseiweiß bildet im lufttrockenen Zustand ein sehr feines, scharf konturiertes, fädiges Netzwerk, dessen Fäden offenbar aus Einzelfibrillen zusammengesetzt sind. Diese Virusproteinfäden lassen sich nun gut färben (Fig. 1). Das Kartoffel-X-Virus fällt entsprechend den bekannten Erfahrungen als diffuser, lockerer Eiweißniederschlag vom Agglutinationstyp aus und läßt sich ebenfalls anfärben. Ovalbumin, ebenso Pflanzenalbumin aus Tabakpflanzen flocken ähnlich dem X-Virustyp auf den Objektträger aus und sind auch gleich färbbar, lassen sich aber im Gegensatz zum Viruseiweiß mehr oder weniger gut mit Azeton entfärben. In gleicher Weise ist das TM-Virus und Kartoffel-X-Virus in 20 Minuten mit dem schon von HERZBERG an anderen Viren verwendeten Victoriablau 4 R hochkonzentriert zu färben (Fig. 2). Negativ verliefen die Versuche mit Karminen und der Feulgen-Reaktion. Brachte man auf einen Objektträger cytologische Schnitte von Wurzelspitzen und daneben TM-Viruseiweiß gemeinsam zur Behandlung nach FEULGEN, dann färbten sich, unbeschadet der vorgenommenen Variation der Hydrolysierzeiten, die cytologischen Präparate normal an, während das TM-Viruseiweiß ungefärbt blieb. Unter den gegebenen Verhältnissen verlief also die als spezifisch geltende Tymonukleinsäurereaktion nach FEULGEN beim TM-Viruseiweiß negativ.

Eine ausführliche Mitteilung über diese Befunde und ihre möglichen biochemischen und diagnostischen Folgerungen ist in Vorbereitung.

Berlin-Dahlem, Biologische Reichsanstalt (Dienststelle für physiologische Botanik), den 26. Oktober 1938.

G. A. KAUSCHE.

Über das Bromoxyd Br_2O.

Beim Studium der Eigenschaften des kürzlich von uns entdeckten Bromoxyds BrO_2[1] zeigte sich, daß dieses Oxyd bei der thermischen Zersetzung nicht allein in die Komponenten zerfällt, sondern auch unter Disproportionierung derart zerlegt wird, daß neben einem weißen, vermutlich höheren Oxyd (Br_2O_7 oder Br_2O_6) ein dunkelbraunes Oxyd entsteht. Diesem kommt die Formel Br_2O zu.

Die Verbindung konnte in reiner Form isoliert werden. Sie ist offenbar identisch mit dem von BRENSCHEDE und SCHUMACHER im Jahre 1936 in einer Tetrachlorkohlenstofflösung neben Brom festgestellten Oxyd, das bei der Reaktion von Brom mit Quecksilberoxyd entsteht[2]. BRENSCHEDE und SCHUMACHER konnten bereits in der Brom-Bromoxydlösung durch Extinktionsmessung und Bestimmung der Gefrierpunktserniedrigung die Formel Br_2O erweisen.

Das jetzt in Substanz isolierte Oxyd ergab bei der Analyse das Verhältnis 2 Br : 1 O. Es löst sich in Tetrachlorkohlenstoff mit intensiv grüner Farbe. Die Molekulargewichtsbestimmung in dieser Lösung entspricht der einfachen Molekülgröße Br_2O. Bei längerer Einwirkung auf Tetrachlorkohlenstoff wird dieser zu Phosgen oxydiert. Mit Natronlauge setzt sich das Oxyd glatt zu Hypobromit um. Br_2O besitzt einen kräftigen, an unterchlorige Säure erinnernden, stechenden Geruch und reizt die Nasenschleimhaut stark.

Da Bromdioxyd leicht zugänglich ist und aus ihm das Monoxyd in einer Ausbeute von etwa 15—20% entsteht, ist dieses in hinreichender Menge darstellbar. Das Br_2O ist bis —40° beständig, darüber zeigt es einen meßbaren Zersetzungsdruck, aber selbst bei 0° geht die Zersetzung nur langsam vonstatten. Es zerfällt in keineswegs stürmischer Reaktion in die Komponenten. Der Bildung des Br_2O dürften etwa folgende Gleichungen entsprechen:

$$8\,BrO_2 = 2\,Br_2O_7 + 2\,Br_2 + O_2 \quad \text{und} \quad Br_2O_7 + 6\,Br_2 = 7\,Br_2O.$$

Möglicherweise kommt auch eine direkte Entstehung nach

$$8\,BrO_2 = 2\,Br_2O_7 + 2\,Br_2O$$

in Frage. Ob in diesen Gleichungen Br_2O_7 oder Br_2O_6 am Platze ist, kann vorerst noch nicht entschieden werden, da eine Isolierung des weißen Oxyds bisher nicht durchgeführt ist.

Über weitere Einzelheiten über das Br_2O werden wir demnächst an anderer Stelle berichten.

Königsberg i. Pr., Chemisches Institut der Universität, den 28. Oktober 1938. R. SCHWARZ. H. WIELE.

Elektronenoptische Spektralanalyse von Hochfrequenzschwingungen.

An anderer Stelle ist bereits ausführlich über den sog. „*Inversionsspektrographen*" berichtet worden[1], welcher das Ablenkungsspektrum einer Kathodenstrahlröhre unter statischen, quasistationären und ultradynamischen Betriebsverhältnissen unmittelbar als stehendes Bild auf dem Leuchtschirm sichtbar macht. Zu diesem Zweck wird ein „*weißer*" oder polychromatischer Elektronenstrahl erzeugt, indem einem geeigneten Ruhewert der Anodenspannung eine niederfrequente Wechselspannung überlagert wird. Nach seinem Durchgang durch ein von der Meßfrequenz erzeugtes Querfeld wird der Strahl mit Hilfe einer elektronenoptischen Zerstreuungslinse spektral zerlegt und zeichnet somit die den verschiedenen Anodenspannungswerten entsprechenden Ausschläge über einer in Volt oder Laufzeitwinkeln geeichten Abszisse auf. Beim Anlegen einer nieder- oder hochfrequenten Ablenkspannung zeigt sich auf dem Leuchtschirm ein quasistationäres Ablenkungsspektrum, das sich nach der Seite geringer werdender Strahlgeschwindigkeit kontinuierlich verbreitert. Beim Anlegen einer ultrahochfrequenten Wechselspannung, deren Periodendauer kürzer ist als die Durchlaufzeit der Elektronen durch das Kondensatorfeld, weist das Ablenkungsspektrum abwechselnde Verbreiterungen und Einschnürungen bzw. Nullstellen auf, welche den bekannten Inversionsgesetzen unterliegen[2].

Die weiteren Untersuchungen mit dem Inversionsspektrographen haben nun gezeigt, daß die bisher beobachteten und errechneten Inversionsspektren ein Querfeld zur Voraussetzung haben, das sich mit der Zeit sinusförmig ändert. Nimmt die Plattenspannung dagegen einen von der Sinusform abweichenden zeitlichen Verlauf, so wirkt sich dies unmittelbar in dem Inversionsspektrum aus. Indem man das Querfeld durch eine Fourier-Reihe darstellt, läßt sich zeigen, in welcher Weise der Verlauf der Ablenkspannung in Gestalt und Aussehen des Spektrums eingeht. Umgekehrt ist man damit in der Lage, aus einem beobachteten Spektrum den zeitlichen Verlauf der Plattenspannung zu gewinnen, indem man die im Spektrum enthaltenen Kurvenzüge nach bekannten Verfahren harmonisch analysiert.

Es handelt sich bei dem neuen Verfahren infolgedessen um eine *elektronenoptische Spektralanalyse* ultrahochfrequenter Schwingungen, die aufschlußreiche Einblicke in die verwickelten Anfachungsvorgänge bei Ultrakurzwellengeneratoren, z. B. bei Magnetfeldsendern usw. gibt. Über die weitere Ausgestaltung der Untersuchungsmethode, ihre Theorie und über praktische Meßergebnisse wird an anderer Stelle ausführlich zu berichten sein.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, die Spektralanalyse durch Verwendung sehr viel langsamerer Ionenstrahlen in das Gebiet sehr viel niedrigerer Frequenzen auszudehnen.

Berlin-Lichterfelde, Laboratorium für Hochfrequenztechnik und Elektromedizin, den 3. November 1938.

H. E. HOLLMANN.

[1] R. SCHWARZ u. M. SCHMEISSER, Ber. dtsch. chem. Ges. **70**, 1163 (1937).

[2] W. BRENSCHEDE u. H. J. SCHUMACHER, Z. anorg. u. allg. Chem. **226**, 370 (1936); vgl. auch ZINTL u. RIENÄCKER, Ber. dtsch. chem. Ges. **63**, 1098 (1930).

[1] H. E. HOLLMANN, Z. techn. Physik **19**, 259 (1938).

[2] H. E. HOLLMANN, Z. Hochfrequenz u. Elektroakust. **40**, 97 (1932) — Physik u. Technik der ultrakurzen Wellen **2**, 239. Berlin 1936 — Elektr. Nachr.-Techn. **15**, 145 u. 241 (1938) — Z. Hochfrequenz u. Elektroakust. **52**, 125 (1938).

Besprechungen.

Zeitschrift für Tierpsychologie. Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Tierpsychologie. Band 1, Heft 1—3. Berlin: Paul Parey 1937. 289 S. 17 cm × 25 cm. Preis pro Band RM 18.—.

Der 1. Band der Zeitschrift für Tierpsychologie kann vielleicht am treffendsten durch eine negative Umschreibung gekennzeichnet werden: er enthält keine einzige Labyrinthарbeit und keine einzige Untersuchung über das Verhalten von Ratten. Der extreme Behaviorist oder der amerikanische Labyrinthpsychologe könnten

deswegen vielleicht den Verdacht schöpfen, daß es sich hier um eine Wiederauferstehung der seinerzeit (1916, N.F. 1920) von H. E. ZIEGLER herausgegebenen „Mitteilungen der Gesellschaft für Tierpsychologie" handelt. Diese Vereinigung beschäftigte sich ausschließlich mit den sog. klugen oder zahlensprechenden Tieren. Wie weit aber die neue Deutsche Gesellschaft für Tierpsychologie und ihre Zeitschrift von diesem unglücklichen Tierkult entfernt sind, erfahren wir in einer gleich dem ersten Heft mitgegebenen und vom Vorsitzer unterzeichneten Erklärung, in der es u. a. heißt: „Die Deutsche Gesellschaft für Tierpsychologie ist der wissenschaftlichen Überzeugung, daß bei den sog. klugen Tieren lediglich Scheinleistungen vorliegen." Sie lehnt es daher auch ab, diesbezügliche Berichte anzuhören oder in ihrer Zeitschrift zu veröffentlichen, sofern sie nicht durch neue, als exakt anzuerkennende Versuche gestützt sind. Mancher mag vielleicht eine solche Erklärung für unnötig halten; aber z. B. das Erscheinen einer Arbeit von PLATE über zahlensprechende Hunde noch im Jahre 1936 zeigt, daß diese eindeutige Festlegung des Standpunktes keineswegs überflüssig ist.

Positiv läßt sich die neue, einem dringenden Bedürfnis entsprechende Zeitschrift an Hand ihres 1. Bandes charakterisieren durch den einfachen Hinweis auf die Tatsache, daß darin auf 290 Seiten (3 Hefte, 54 Abb.) in 26 Originalbeiträgen die Psychologie der allerverschiedensten Tierarten behandelt wird, Haustiere sowohl wie Wildtiere, vom Einzeller (ALVERDES) und vom Insekt (v. FRISCH) angefangen, über die Fische (TER PELWIJK, TINBERGEN, PETERS) und Vögel (HEINROTH) bis zu den Säugern und zum Affen. Wir finden darunter Freilandbeobachtungen (KRIEG über die Standorttreue des Rehwildes) und Feststellungen aus möglichst unkomplizierten Gefangenschaftsverhältnissen (ANTONIUS über Herdenbildung und Paarungseigentümlichkeiten der Einhufer) und endlich Ergebnisse, die unter ganz bestimmten experimentellen Bedingungen des Laboratoriums erzielt wurden (z. B. BIERENS DE HAAN über das Erfassen räumlicher Beziehungen in waagerechter und senkrechter Richtung bei einigen niederen Affen). Ein Blick auf die Beiträge des 1. Bandes zeigt ferner, daß die darin vertretene Tierpsychologie nicht lediglich eine Luxuswissenschaft ist, wie der Außenstehende vielfach irrtümlicherweise glaubt; denn neben dem rein wissenschaftlichen Tierpsychologen kommt auch der Praktiker reichlich zum Wort über Themen der angewandten Tierpsychologie (z. B. GIESE über Tierschutz, v. DUNGERN über Jagd, RAU über Pferde, SCHWANGART über Katzen, THOMALLA über Tierpsychologie und Schadenverhütung). Der theoretische Biologe kommt auf seine Rechnung dank den Beiträgen von BROCK (Wandlungen der Grundanschauungen in der neueren Tierpsychologie), TRENDELENBURG (Pawlows Stellung zur Tierpsychologie), LORENZ (Biologische Fragestellung in der Tierpsychologie), v. UEXKÜLL (Umweltforschung), VOLKELT (Tierpsychologie als genetische Ganzheitspsychologie).

Die Bedeutung der Tierpsychologie für die menschliche Psychologie wird heute immer mehr erkannt; das äußert sich schon in dem sehr regen Interesse, mit dem besonders auch der Psychopathologe und der Psychiater die Fortschritte der Tierpsychologie verfolgt. Von der Ausbildung des Arztes können wir uns das Studium des tierischen Körpers nicht mehr wegdenken; es ist nur folgerichtig, wenn sich neuerdings in ganz analoger Weise der Humanpsychologe auch für die tierische Psyche zu interessieren beginnt. In dieser Hinsicht hat die neue Zeitschrift für Tierpsychologie ebenfalls wichtige Aufgaben zu erfüllen. v. ALLESCH weist in seinem Aufsatz auf die Beziehungen zwischen tierpsychologischen und menschenpsychologischen Tatbeständen hin. Die Förderung der Tierpsychologie, auch hinsichtlich ihrer Methodik, liegt also nicht nur im Interesse des Verstehens der Tierpsyche an sich, sondern sie steht darüber hinaus in dem angedeuteten Sinne im Dienste des Menschen. HORST SIEWERT zeigt in seinem Beitrag die Wichtigkeit von Lichtbild und Film als Hilfsmittel für die tierpsychologische Forschung. O. KOEHLER hat sich bereits sehr ausgiebig des Films bedient bei seinen Untersuchungen über das Zählvermögen der Tauben. Handelt es sich bei dieser Arbeit um die experimentelle Prüfung in erster Linie von intellektmäßigen Fähigkeiten, so betreffen andere Beiträge auch die affektmäßigen Eigentümlichkeiten der tierischen Psyche, z. B. der von FISCHEL über die Affektäußerungen und das Gefühlsleben der Tiere in wissenschaftlicher Beurteilung oder der von F. KRUEGER über Gefühlsartiges im tierischen Verhalten. Neben den Originalbeiträgen, die — soweit es sich nicht um Vortragsreferate handelt — durchweg eine kurze Zusammenfassung der Hauptergebnisse enthalten, bringt die Zeitschrift auch eine Rubrik für kleine Mitteilungen. Im 1. Heft des Bandes wurden auch einige tierpsychologische Neuerscheinungen besprochen. Die Einleitung bildete der Bericht von EFFERTZ über die Gründung und Organisation der Deutschen Gesellschaft für Tierpsychologie, der wir die Schaffung der nicht nur willkommenen, sondern geradezu notwendigen Zeitschrift für Tierpsychologie verdanken.

Diese wenigen Hinweise dürften schon genügen, um die erfreuliche und kaum zu überbietende Vielseitigkeit der neuen Zeitschrift hinlänglich zu belegen. Gerade in dieser Reichhaltigkeit unterscheidet sie sich von bestehenden anderssprachigen Zeitschriften vorteilhaft. Bei aller Verschiedenartigkeit der einzelnen Beiträge läßt sich aber doch etwas Gemeinsames in den darin zum Ausdruck kommenden Arbeitsrichtungen feststellen, nämlich das Bestreben, das tierische Verhalten nicht nur zu analysieren und zu erklären, womit sich die tierpsychologische Forschung anderer Länder und Kontinente vielfach absichtlich begnügt, sondern es bis zu einem gewissen Grade auch zu verstehen. Diese Forschungsrichtung, die im wesentlichen wohl für die deutsche, holländische und schweizerische Tierpsychologie als bezeichnend gelten darf, erscheint so lange und so weit berechtigt, als auf Grund des Verstandenen oder für verstanden Gehaltenen zutreffende Verhaltensvoraussagen für bestimmte Situationen gemacht werden können.

H. HEDIGER, Basel-Bern.

Wissenschaftl. Ergebnisse der Deutschen Atlantischen Expedition auf dem Forschungs- und Vermessungsschiff „Meteor" 1925—1927. Herausgegeben von A. DEFANT. Bd. XIII: Biologische Sonderuntersuchungen. 1. Lieferung: M. E. THIEL, Die Chaetognathen-Bevölkerung des Südatlantischen Ozeans. Berlin und Leipzig: W. de Gruyter & Co. 1938. 110 S. und 62 Abbild. 22 cm × 30 cm. Preis RM 13.80.

Nachdem E. HENTSCHEL (diese Schriftenserie, Bd. XI) in seiner Allgemeinen Biologie des Südatlantischen Ozeans eine allgemeine Darstellung des von ihm selbst während der „Meteor"-Expeditionen eingesammelten Planktons des Atlantischen Ozeans südlich von 20° N gegeben hat, sind Spezialuntersuchungen der verschiedenen Planktonkomponenten ausgeführt worden. M. E. THIEL hat dabei die Chaetognathen (Pfeilwürmer) bearbeitet, eine Gruppe, die wegen ihres nicht allzu individuenarmen Auftretens sicherere Schlußfolgerungen als gewisse andere Artengruppen erlaubt. An Hand von Karten und Profildarstellungen gibt T. eine sehr übersichtliche Darstellung der Verbreitungsverhältnisse der einzelnen Arten und der gesamten

Chaetognathengruppe. Er unterscheidet u. a. Tiefwasserformen und unter den Oberflächenformen Warm- und Kaltwasserformen. Die Artenzahl ist, was zu erwarten war, in den oberflächlichen und wärmeren Wasserschichten am größten. In ihrer Gesamtheit sind die Chaetognathen betreffs ihres quantitativen Auftretens vom Nannoplankton abhängig, obgleich die Abhängigkeit bei dieser karnivoren Tiergruppe nur indirekt ist. Ihre Hauptgedeihgebiete decken sich oft mit denen des Nannoplanktons oder sind in anderen Fällen von diesen aus in der Strömungsrichtung verschoben. Hierdurch zeigt sich die Chaetognathenverbreitung durch den Gehalt des Wassers an Nährstoffen bedingt und „gliedert sich so in den großen kosmischen Zusammenhang ein, der von HENTSCHEL und WATTENBERG durch die Entdeckung der Abhängigkeit des Nannoplanktons vom Phosphatgehalt des Meerwassers und damit von den aufsteigenden Tiefwassern, den Passatwinden und der Umdrehung der Erde festgestellt worden ist". Bei 2 Arten konnte eine Zunahme der Körpergröße mit dem Vordringen in die höheren Breiten festgestellt werden.

SVEN EKMAN, Uppsala.

SCHENKLING, S., **Faunistischer Führer durch die Coleopteren-Literatur.** Die wichtigste Käfer-Literatur nach geographischen Gebieten geordnet. Bd. I: Europa, Lfg. 1 (S. 1—64); Lfg. 2 (S. 65—128). Neubrandenburg (Meckl.): Gustav Feller 1938. 128 S. 18 cm × 25 cm. Subskriptionspreis RM 6.— pro Lieferung.

Das groß angelegte Werk soll die wichtigste Literatur über Käfer nach politisch geographischen Gebieten geordnet, umfassen. 4 Bände sind vorgesehen. I. Europa II. Das paläarktische Afrika und Asien sowie die indomalayische Region, III. Die Äthiopische Region, Australien, Ozeanien, IV. Amerika. Die vorliegende 1. Lieferung enthält die paläarktische Region und die 2. Lieferung Europa. Zunächst werden die grundlegenden Kataloge aufgeführt und dann die wichtigsten Arbeiten über die einzelnen Familien. Durch diese Anordnung wird, was bei bibliographischen Nachschlagewerken ganz wesentlich ist, die Übersichtlichkeit und somit eine schnelle Orientierung gewährleistet. Auch die Satzanordnung ist besonders übersichtlich getroffen worden. Wer tiergeographisch oder ökologisch arbeiten will, verfügt somit über ein bibliographisches Nachschlagewerk, welches jedem Autor unendlich viel Mühe und Zeit erspart. Dieses ist um so mehr der Fall, da SCHENKLING, der zur Zeit die Coleopterenliteratur wie kein anderer kennt, Unbrauchbares ausschied. Die Notwendigkeit derartiger, durch erstklassige Spezialisten bearbeiteter Hilfsmittel braucht nicht erst länger begründet zu werden.

ALBRECHT HASE, Berlin-Dahlem.

DE RUDDER, B., **Grundriß einer Meteorobiologie des Menschen.** Wetter- und Jahreszeiteneinflüsse. 2., völlig neubearbeitete Auflage. Berlin: Julius Springer 1938. VI, 234 S. und 59 Abbild. 16 cm × 24 cm. Preis RM 12.60, geb. RM 14.70.

Die erste Auflage dieses Buches ist im Jahre 1931 unter dem Titel „Wetter und Jahreszeit als Krankheitsfaktoren" und dem Untertitel „Grundriß einer Meteoropathologie des Menschen" erschienen und bekannt geworden. Seither hat das Interesse an den Fragen, die das Buch behandelt, immer mehr zugenommen. Auch die zweite Auflage ist vom Standpunkt des Arztes geschrieben. Die Lehre von dem Einfluß der atmosphärischen Zustände auf die Lebensvorgänge ist die Bioklimatik, ihren meteorologischen Teil nennt DE RUDDER Meteorobiologie. In ihr handelt es sich darum, Abhängigkeiten eines komplexen Systems, des Lebensorganismus Mensch, zu einem zweiten komplexen System, dem atmosphärischen Geschehen, zu finden, eine, wie man sofort sieht, keineswegs leichte Aufgabe. Das Buch behandelt in 2 Hauptkapiteln die beiden Haupteinflüsse, die nach DE R. scharf voneinander getrennt werden müssen: die Wettereinflüsse und die Jahreseinflüsse.

1. *Wettervorgänge und Mensch* (meteorotrope Krankheiten). Es wird gezeigt, daß bei gruppenbildenden Krankheiten meteorologische Vorgänge größeren Stils wirksam sind, vor allem sind es die Frontdurchzüge, und hier wieder Kaltlufteinbrüche eher als die Warmfronten. Mit Recht wird betont, daß aber erst dann sich die Zusammenhänge herausschälen, wenn große und exakte Beobachtungsreihen vorliegen. Beispiele sind: Wetterschmerzen, Gestationseklampsien, Kehlkopfcroup, Pneumonie und natürlich die Erkältungskrankheiten, auch wohl Diphtherie und Asthma. Besprochen werden in diesem Zusammenhange auch die Föhnwirkung und die luftelektrischen Einflüsse.

2. *Jahreszeit und Mensch* (Saisonkrankheiten). Man kann hier leicht zu falschen Schlüssen kommen. So entstehen die Pseudo-Saisonkrankheiten. Beispiele: Masern, Pocken, Keuchhusten. Indirekte Saisonkrankheiten entstehen durch die Ernährung, z. B. Vitaminmangel in der Winternahrung und falsche Sommernahrung der Säuglinge. Auch das Heufieber gehört zu den indirekten Saisonkrankheiten. Vielgestaltig sind die Jahreszeiteneinflüsse bei den Infektionskrankheiten. So haben Scharlach und Diphtherie Gipfel im Spätherbst und Winter. Meistens beruht das auf Änderungen der Empfänglichkeit des Menschen (Saisonfaktor), nicht, wie man früher glaubte, auf Änderungen des Erregers. Auch viele nichtinfektiöse Krankheiten haben Jahreszeitengipfel, wie z. B. die Rachitis, die Basedowsche Krankheit im Winter, Stoffwechselkrankheiten und Tuberkulose im Frühjahr. Die Grippe gehört wahrscheinlich nicht zu den echten Saisonkrankheiten. Dagegen scheint ein Wintergipfel beim Asthma zu bestehen.

Es ist hier nur einiges aus der Fülle der behandelten Krankheiten herausgegriffen worden. Darüber hinaus befaßt sich das Buch auch noch mit anderen Dingen, z. B. mit dem Einfluß des Geburtsmonats auf das spätere Verhalten des Menschen. Vor allem bringt DE R. Hinweise für das ärztliche Handeln, das durch vorbeugende Maßregeln Abhilfe schaffen kann. Man muß sich dabei allerdings vor Übertreibungen hüten, denn man soll Leben und Krankheit unter allen Gesichtspunkten betrachten, die sich uns bieten. Die Meteorobiologie, dieser in der Fragestellung uralte Zweig der Wissenschaft vom Leben, wird dann seinen Teil dazu beitragen an der Erkenntnis des großen Rätsels Leben.

K. KÄHLER, Potsdam.

Berichtigung.

In meinem Aufsatz: „Über die Konstitutionsaufklärung des Vitamins E", Naturwiss. **26**, 449 (1938), sind versehentlich die in der Tabelle 1, S. 451, angegebenen Werte über die Verbreitung des Vitamins E als einmalige Dosen bezeichnet worden. Die angeführten Mengen sind indessen als fortlaufend täglich zu verabreichende prophylaktische Dosen zu verstehen; die sonst übliche einmalige Dosis ist 10—20fach größer.

W. JOHN, Göttingen.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.